



TUGAS AKHIR - TF 141581

**PREDIKSI KADAR POLUTAN MENGGUNAKAN
ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE
SYSTEM (ANFIS) UNTUK PEMANTAUAN
KUALITAS UDARA DI KOTA SURABAYA**

Sari Angelina Nurma Gupita
NRP. 2413 100 016

Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.
Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - TF 141581

***POLLUTION CONCENTRATION PREDICTION
USING ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE
SYSTEM (ANFIS) TO MONITOR AIR QUALITY
OF SURABAYA***

Sari Angelina Nurma Gupita
NRP. 2413 100 016

Supervisors :
Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.
Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.

***ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya, 2017***

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sari Angelina Nurma Gupita
NRP : 2413100016
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya berjudul "PREDIKSI KADAR POLUTAN MENGGUNAKAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) UNTUK PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DI KOTA SURABAYA" bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 12 Juli 2017
Yang membuat pernyataan,



Sari Angelina Nurma Gupita
NRP. 2413100016

Halaman ini sengaja dikosongkan

TUGAS AKHIR

PREDIKSI KADAR POLUTAN MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) UNTUK PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DI KOTA SURABAYA

Oleh:

Sari Angelina Nurma Gupita
NRP. 2413 100 016

Surabaya, 12 Juli 2017

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing I**



Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.
NIP. 196601161989032001

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing II**



Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.
NIP. 196309071989031004

**Mengetahui,
Ketua Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS**



Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIP. 19780902 200312 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

**PREDIKSI KADAR POLUTAN MENGGUNAKAN
ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)
UNTUK PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DI KOTA
SURABAYA**





TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Sari Angelina Nurma Gupita
NRP.2413 100 016

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.  (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.  (Pembimbing II)
3. Hendra Cordova, S.T., M.T.  (Penguji)
4. Arief Abdurrahman, S.T., M.T.  (Penguji)

**SURABAYA
JULI, 2017**

Halaman ini sengaja dikosongkan

**PREDIKSI KADAR POLUTAN MENGGUNAKAN
ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)
UNTUK PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DI KOTA
SURABAYA**

Nama : Sari Angelina Nurma Gupita
NRP : 2413 100 016
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Aulia S. Aisjah, M.T.
2. Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT.

Abstrak

Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan yang dijumpai di kota besar tak terkecuali Surabaya. Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Kualitas udara di Surabaya dipantau melalui *air quality monitoring system* (AQMS) yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH). Penelitian ini mengusulkan sebuah model prediktor kualitas udara di Kota Surabaya. Variabel yang diprediksi adalah O_3 (Ozon) dengan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS).

Terdapat sembilan variabel yang digunakan untuk masukan pada sistem prediktor, yaitu: konsentrasi NO_2 , SO_2 , O_3 , NO , arah angin, global radiasi, kecepatan angin, temperature, dan kelembaban udara kota Surabaya. Perancangan model dilakukan melalui 2 tahap, yaitu pelatihan terhadap 9 model dan validasi. Pelatihan dan validasi dilakukan dengan menggunakan data yang diambil sejak 1 Januari 2012 sampai 31 Desember 2016. Data diolah untuk menghilangkan *missing value* dan *outliers*. Data yang digunakan untuk pelatihan sebanyak 504 data dan untuk validasi sebanyak 216 data. Parameter pada prediktor ditentukan oleh nilai *range of influence*. Akurasi tertinggi model diperoleh saat menggunakan 5 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO_2 , SO_2 , kelembaban, dan temperatur. Model ini menghasilkan *error*

terendah yakni sebesar 11.62% atau nilai akurasi sebesar 88.38% pada nilai *range of influence* 0.7.

Kata Kunci: akurasi, ANFIS, Ozon, polutan, prediksi, *range of influence*

**POLLUTION CONCENTRATION PREDICTION USING
ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)
TO MONITOR AIR QUALITY OF SURABAYA**

Name : Sari Angelina Nurma Gupita
NRP : 2413 100 016
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervysors : 1. Prof. Dr. Ir. Aulia S. Aisjah, MT
2. Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT.

Abstract

Air pollution is one of common problem found in big city like Surabaya. Pollution sources come from industrial activities, transportation, office, and housing. Air quality in Surabaya is monitored using air quality monitoring system (AQMS) held by Badan Lingkungan Hidup (BLH). This research suggest an air quality predictor model. Predicted variable is O_3 (Ozone) using Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) method.

There are 9 variables used as input variables in this predictor system, they are: NO_2 , SO_2 , O_3 , NO, wind direction, global radiation, wind velocity, temperature, and humidity. Model design consist of 2 steps, training and validating to 9 models. Training and validating using data from 1st January 2012-31st December 2016. The data was processed to delete missing value and outliers. 504 remains data used as training data, and 216 data are used as validating data. Predictor parameters are determined by range of influence value. The highest accuracy reached when 5 variables were used. They are: O_3 , NO_2 , SO_2 , humidity and temperature. This model produce the lowest error value 11.62% or 88.38% as the accuracy value at range of influence value 0.7.

Keywords: *accuracy, ANFIS, Ozone, pollution, prediction, range of influence*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya Tugas Akhir beserta Laporan Tugas Akhir yang berjudul **PREDIKSI KADAR POLUTAN MENGGUNAKAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) UNTUK PEMANTAUAN KUALITAS UDARA DI KOTA SURABAYA.**

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.selaku Ketua Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. dan Bapak Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Totok Ruki Biyanto S.T., M.T., Ph.D.selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumensi yang telah memberikan ilmu, petunjuk, nasihat, serta kemudahan perizinan.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Selain itu juga semoga dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan Tugas Akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 12 Juli 2017

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
<i>Title Page</i>	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
Lembar Pengesahan	vii
Lembar Pengesahan II.....	ix
Abstrak.....	xi
<i>Abstract</i>	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 Pencemaran Udara	5
2.2 Pemantauan Kualitas Udara Ambien Otomatis (<i>Air Quality Monitoring System/AQMS</i>)	6
2.3 O ₃ (Ozon Troposfer).....	9
2.4 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Rumusan Masalah.....	16
3.2 Studi Literatur.....	17
3.3 Pengumpulan Data Kadar Polutan dan Variabel Meteorologi	17
3.4 Pengolahan Data	25
3.5 Perancangan Sistem Prediksi Kadar O ₃	26
3.6 Simulasi dan Validasi.....	39
3.7 Akurasi Lebih Tinggi dari Pengukuran BLH.....	40
3.8 Analisa Hasil Simulasi dan Pembahasan.....	40
3.9 Kesimpulan dan Saran.....	40

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Uji Normalitas	41
4.2 Hasil Simulasi Model	44
4.3 Perbandingan Hasil Model	55
4.4 Analisa Model	57
BAB V PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63
1. Model 1	63
2. Model 2	70
3. Model 3	78
4. Model 4	86
5. Model 5	93
6. Model 6	101
7. Model 7	109
8. Model 8	116
9. Model 9	124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara dan Public Display (BLH, 2013)	7
Gambar 2.3 Arsitektur Jaringan Syaraf dengan Banyak Lapisan (J.Jang, C. Sun, and, E. Mizutani, 1997).....	11
Gambar 2.4 Arsitektur Jaringan ANFIS (J.Jang, C. Sun, and, E. Mizutani, 1997)	12
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Grafik Tren Kadar O ₃ di Surabaya Tahun 2012-2016	19
Gambar 3.3 Grafik Tren Kadar O ₃ di Surabaya Tahun 2012-2016	19
Gambar 3.4 Grafik Tren Kadar NO di Surabaya Tahun 2012-2016	20
Gambar 3.5 Grafik Tren Kadar NO ₂ di Surabaya Tahun 2012-2016	21
Gambar 3.6 Grafik Kelembaban di Surabaya Tahun 2012-2016	22
Gambar 3.7 Grafik Global Radiasi di Surabaya Tahun 2012-2016	22
Gambar 3.8 Grafik Arah Angin di Surabaya Tahun 2012-2016	23
Gambar 3.9 Grafik Arah Angin di Surabaya Tahun 2012-2016	24
Gambar 3.10 Grafik Temperatur di Surabaya Tahun 2012-2016	24
Gambar 3.11 Diagram Blok Model 1	29
Gambar 3.12 Arsitektur Model 1	29
Gambar 3.13 Diagram Blok Model 2	30
Gambar 3.14 Arsitektur Model 2 Saat <i>Range of Influence</i> bernilai 0.9.....	30
Gambar 3.15 Diagram Blok Model 3	31
Gambar 3.16 Arsitektur Model 3 Saat <i>Range of Influence</i> bernilai 1	32
Gambar 3.17 Diagram Blok Model 4	33
Gambar 3.18 Arsitektur Model 4 Saat <i>Range of Influence</i> bernilai 1.1.....	33

Gambar 3.19	Diagram Blok Model 5	34
Gambar 4.1	Normal Q-Q Plot Variabel Masukan	42
Gambar 4.2	Hasil Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov	43
Gambar 4.3	Plot Hasil Validasi Model 1	44
Gambar 4.4	RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 2	45
Gambar 4.5	Plot Hasil Validasi Model 2	46
Gambar 4.6	RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 3	47
Gambar 4.7	Plot Hasil Validasi Model 3	47
Gambar 4.8	RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 4	48
Gambar 4.9	Plot Hasil Validasi Model 4	49
Gambar 4.10	RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 5	49
Gambar 4.11	Plot Hasil Validasi Model 5	50
Gambar 4.12	RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 6	51
Gambar 4.13	Plot Hasil Validasi Model 6	51
Gambar 4.14	RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 7	52
Gambar 4.15	Plot Hasil Validasi Model 7	53
Gambar 4.16	RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 8	53
Gambar 4.17	Plot Hasil Validasi Model 8	54
Gambar 4.18	RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 9	55
Gambar 4.19	Plot Hasil Validasi Model 9	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rentang Indeks Standar Pencemaran Udara (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1998)	8
Tabel 2.2 Batasan ISPU (BLH, 2013)	8
Tabel 3.1 Variabel <i>Input</i> dan <i>Output</i>	18
Tabel 3.2 Model Sistem Prediktor	26
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Simulasi Model	56

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan yang dijumpai di kota besar tak terkecuali Surabaya. Kota yang memiliki jumlah penduduk sebanyak 2.806.306 jiwa dengan luas wilayah sebesar 350,54 km² menjadikan Surabaya sebagai kota berpenduduk terpadat ke-2 di Indonesia. Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Di wilayah selatan Surabaya telah dibangun kawasan industri yang terdapat di Rungkut atau Brebek Industri, SIER (Surabaya Industrial Estate Rungkut PT. Persero). Sementara Di wilayah utara Surabaya terdapat kawasan industri dan pergudangan Tambak Langon - Kalianak - Margamulyo. Jumlah kendaraan bermotor di Surabaya mencapai 4,5 juta. Adanya kawasan industri dan besarnya jumlah kendaraan bermotor ini sangat berpotensi dalam menyumbang polusi udara. Dampak buruk dari polusi udara ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya sebanyak 338.505 penduduk menderita infeksi akut saluran pernafasan bagian atas yang menempati peringkat pertama kejadian penyakit (BPS, 2015).

Kualitas udara di Surabaya dipantau melalui *air quality monitoring system* (AQMS) yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH). Stasiun pemantauan kualitas udara ambient ditempatkan di lima lokasi di Surabaya dan pelaporan hasil pemantauan ini dikemas dalam bahasa yang mudah dipahami oleh masyarakat yang dipublikasikan melalui papan *public display*. Data dari stasiun ini oleh BLH digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan tindakan pencegahan pencemaran udara yang lebih serius.

Variabel yang diukur dalam stasiun pemantau kualitas udara ambien di Kota Surabaya ada 16 (enam belas) variabel yaitu:

- a. 5 (lima) variabel utama: PM₁₀, SO₂, O₃, NO₂, dan CO.

- b. 11 (sebelas) variabel pendukung: NO, NO_x, kecepatan angin (FF), kecepatan hembusan angin (FF Boe), arah angin (DD), arah hembusan angin (DD Boe), kelembaban udara ambien, kelembaban udara container, suhu udara ambien, suhu container dan global radiasi.

Penelitian ini melakukan prediksi kadar polutan di Surabaya. Variabel yang diprediksi adalah O₃, Variabel ini adalah salah satu yang mendominasi komposisi polutan di Surabaya (BLH, 2013).

Penelitian mengenai prediksi kualitas udara telah banyak dilakukan seperti prediksi kadar O₃ di Surabaya menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan yang menghasilkan tingkat keberhasilan berdasarkan nilai determinasi sebesar 92% untuk hari pertama, dan 76% untuk hari kedua. Penelitian ini menggunakan 7 parameter masukan (Arifien, 2012). Prediksi lain yang dilakukan di Surabaya menggunakan metode *fuzzy logic* menghasilkan akurasi sebesar 80.43% dengan 8 parameter masukan (Hikmah, 2012). Prediksi yang dilakukan di kota Bandung menghasilkan tingkat akurasi sebesar 90% menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (Halawa, 2015). Penelitian lain yang dilakukan di Teheran (Razeghi, 2014) dan Yazd, Iran (Rafati, 2014) menghasilkan akurasi sebesar 92.3% dan 94% dengan menggunakan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS).

Metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) dipilih untuk membangun sistem prediktor karena berdasarkan penelitian sebelumnya menghasilkan akurasi yang paling tinggi. Metode ini mengombinasikan kelebihan dari *Neural Network* dan *Fuzzy Logic*. *Neural Network* memiliki kemampuan yang baik pada *learning ability*, *parallel processing*, *adaptation*, *fault-tolerance* and *distributed knowledge representation*. *Fuzzy logic* dapat menyelesaikan permasalahan non-linear yang rumit (Kin Seng Lei and Feng Wan, 2012). Penggunaan metode ini serta pemilihan parameter yang tepat diharapkan dapat memberikan prediksi yang lebih akurat dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan dan dapat digunakan sebagai salah satu upaya

untuk meningkatkan sistem pemantauan kualitas udara yang ada di Kota Surabaya.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah:

1. Berapa jumlah variabel masukan pada sistem prediktor kadar polutan di Kota Surabaya yang memberikan akurasi prediksi terbaik?
2. Bagaimanakah menentukan parameter sistem prediktor yang mampu menghasilkan akurasi terbaik?

1.3 Batasan Masalah

1. Data yang digunakan untuk melakukan perancangan adalah konsentrasi NO_2 , SO_2 , O_3 , arah angin, global radiasi, kecepatan angin, temperature, dan kelembaban udara kota Surabaya .
2. Data pengamatan diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Surabaya yang bergerak di bawah Kementrian Lingkungan Hidup.
3. Metode yg digunakan pada sistem prediktor adalah *Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS).

1.4 Tujuan

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan permasalahan maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menentukan jumlah variabel masukan pada sistem prediktor kadar polutan di Kota Surabaya yang memberikan akurasi prediksi terbaik.
2. Menentukan parameter sistem prediktor yang mampu menghasilkan akurasi terbaik.

1.5 Manfaat

Berdasarkan tujuan diatas maka manfaat dari tugas akhir ini adalah dibuatnya prediktor O_3 yang memiliki akurasi lebih baik dari pada akurasi pengukuran versi Badan Lingkungan Hidup.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Pencemaran Udara

Berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999, pencemaran udara diartikan dengan turunnya kualitas udara sehingga udara mengalami penurunan mutu dalam penggunaannya yang akhirnya tidak dapat digunakan lagi sebagaimana mestinya sesuai dengan fungsinya. Dalam pencemaran udara selalu terkait dengan sumber yang menghasilkan pencemaran udara yaitu sumber yang bergerak (umumnya kendaraan bermotor) dan sumber yang tidak bergerak (umumnya kegiatan industri). Berbagai kegiatan tersebut akan menghasilkan berbagai bahan pencemaran udara termasuk polutan yang akan dikaji dalam penelitian ini, yaitu Ozon troposfer (O_3).

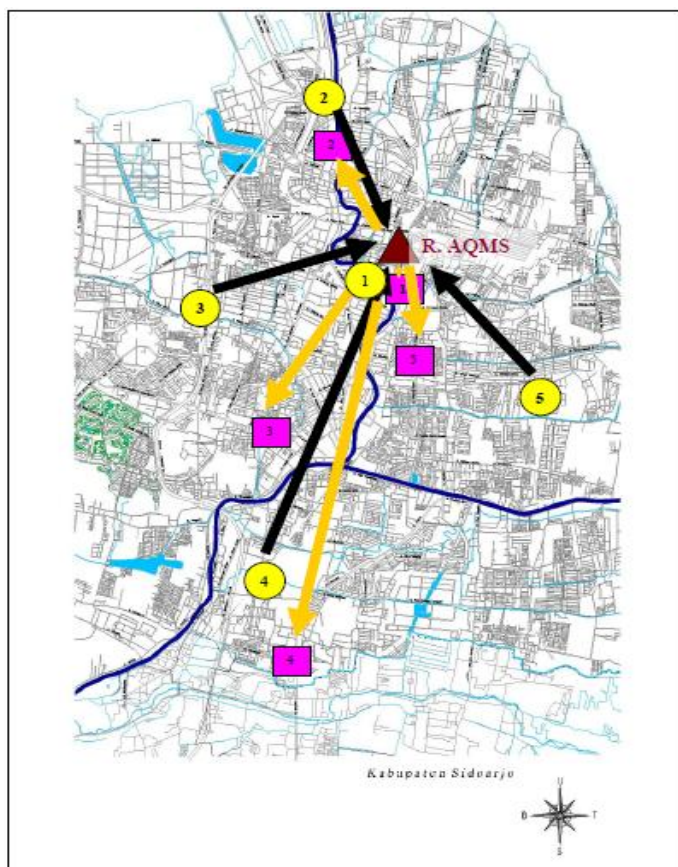
Berbagai bahan pencemar yang diemisikan akan menyebar dan bercampur di atmosfer. Pencemaran yang dihasilkan dari setiap sumber akan tersebar di atmosfer melalui proses difusi, dispersi, dan transformasi kimiawi. Bahan pencemar yang diemisikan dari berbagai sumber pencemar akan mengalami transmisi di atmosfer, dimana pada proses ini polutan akan menyebar (dispersi), bercampur (dilusi) ataupun mengalami perubahan secara kimia (transformasi kimia). Pada proses dispersi dan pencampuran kondisi meteorologis seperti kecepatan angin, arah angin turbulensi dan kestabilan atmosfer merupakan variabel yang sangat berpengaruh terhadap konsentrasi polutan. Sedangkan reaksi kimia (transformasi kimiawi) di atmosfer sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca ambient seperti radiasi matahari, temperatur udara, dan kelembaban udara (Mayer, 1999). Reaksi kimia di atmosfer merupakan reaksi yang terjadi antara gas prekursor seperti hidrokarbon dan NO_x dengan cahaya matahari yang kemudian akan menghasilkan produk lain seperti ozon. Setelah mengalami transmisi, polutan akan menjadi polusi udara ambient dan kemudian mengalami deposisi (Arifien, 2012).

2.2 Pemantauan Kualitas Udara Ambien Otomatis (*Air Quality Monitoring System/AQMS*)

Pemasangan jaringan pemantauan kualitas udara ambien adalah salah satu cara pemantauan kualitas udara ambien di daerah perkotaan. Berdasarkan survey lokasi bersama Tim BAPEDAL Pusat, Tim Pemerintah Austria, Tim Pemerintah Kota Surabaya, Tim BAPEDAL Propinsi Jawa Timur pada tanggal 10-13 Maret 1999, ditetapkan lokasi penempatan Stasiun pemantauan kualitas udara ambien di 5 titik. Hasil pemantauan di stasiun-stasiun ini dilaporkan kedalam bahasa yang mudah dipahami oleh masyarakat umum. Informasinya disampaikan dalam bentuk ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara), yang dipublikasikan melalui *public display*. Lokasi penempatan stasiun pemantauan kualitas udara dan *public display* ditunjukkan oleh gambar 2.1. saat ini hanya ada 2 stasiun pemantau yang berfungsi dengan baik yaitu di Kebonsari dan Kebun Bibit, Wonorejo. Sedangkan *public display* yang masih berfungsi adalah yang berada di Merr dan Gubeng.

Stasiun pemantau tetap (SUF) ini menggunakan alat pemantau kualitas udara otomatis AQMS (Air Quality Management System) (BLH, 2013). Stasiun tersebut menampilkan parameter-parameter dasar untuk indeks standar pencemaran udara (ISPU) dengan periode waktu pengukuran tertentu.

Indeks Standar pencemar Udara (ISPU) adalah angka yang tidak memiliki satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu, yang didasarkan pada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan mahluk hidup lainnya. Nilai ini dapat dijadikan sebagai informasi baik bagi masyarakat maupun bagi pemerintah untuk mewaspadai pencemaran udara. Rentang ISPU ditunjukkan oleh tabel 2.1 sementara batasan ISPU tiap parameter ditunjukkan pada tabel 2.2.



Legenda :



1. SUF1 : Taman Prestasi, Jl. Ketabang Kali
2. SUF2 : Perak timur, Jl. Selanggor
3. SUF3 : Sukomanunggal, Jl. Sukomanunggal
4. SUF4 : Gayungan, Jl. Raya Pagesangan
5. SUF5 : Gebang Putih, Jl. A.Rachman Hakiem



- a. DD1 : Gubeng Pojok,
- b. DD2 : Pahlawan
- c. DD3 : Jl. Mayjen Sungkono
- d. DD4 : Achmad Yani
- e. DD5 : Dharmawangsa

Gambar 2.1 Lokasi Stasiun Pemantau Kualitas Udara dan Public Display (BLH, 2013)

Tabel 2.1 Rentang Indeks Standar Pencemaran Udara (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1998)

KATEGORI	RENTANG	PENJELASAN
Baik	0-50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan atau nilai estetika
Sedang	51-100	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika
Tidak sehat	101-199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitive atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
Sangat tidak sehat	200-299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
Berbahaya	300-lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius

Tabel 2.2 Batasan ISPU (BLH, 2013)

ISPU	24 jam PM10 ug/m ³	24 jam SO ₂ ug/m ³	B jam CO ug/m ³	1 jam O ₃ ug/m ³	1 jam NO ₂ ug/m ³
10	50	80	5	120	-

ISPU	24 jam PM10 ug/m ³	24 jam SO ₂ ug/m ³	B jam CO ug/m ³	1 jam O ₃ ug/m ³	1 jam NO ₂ ug/m ³
100	150	365	10	235	-
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57.5	1200	3750

Parameter yang terukur diubah menjadi angka ISPU menggunakan persamaan 2.1 berikut ini (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1998):

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (Xx - X_b) + I_b \quad (2.1)$$

Dimana:

I = ISPU terhitung

I_a = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = Ambien batas atas

X_b = Ambien batas bawah

X_x = Kadar ambien nyata hasil pengukuran

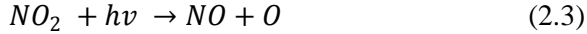
2.3 O₃ (Ozon Troposfer)

Ozon troposfer (O₃) merupakan polutan sekunder yang dihasilkan berdasarkan reaksi kimia kompleks yang terjadi di atmosfer dari berbagai prekursornya. Senyawa yang menjadi prekursor O₃ antara lain NO_x, CO, CH₄ dan HMHC (Non Metan Hidrokarbon). Reaksi pembentukan O₃ di atmosfer adalah sebagai berikut (Budiyono, dkk.,) (Arifien, 2012).

- NO akan membebentuk NO₂ melalui reaksi termolecular (pembakaran gas pada temperatur tinggi) yaitu sebagai berikut:



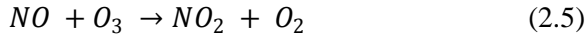
- NO_2 yang telah terbentuk akan terurai kembali karena adanya fotodisosiasi oleh radiasi matahari pada panjang gelombang $< 420 \text{ nm}$.



- Proses fotolisis NO_2 akan menghasilkan atom O dan diikuti reaksi molekul oksigen yang mana reaksi ini merupakan mekanisme reaksi dasar pembentukan ozon di troposfer bawah.



- NO yang teremisi melalui udara akan berreaksi dengan ozon dan membentuk NO_2 kembali (reaksi titrasi). Reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



2.4 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

2.4.1 Fuzzy Logic

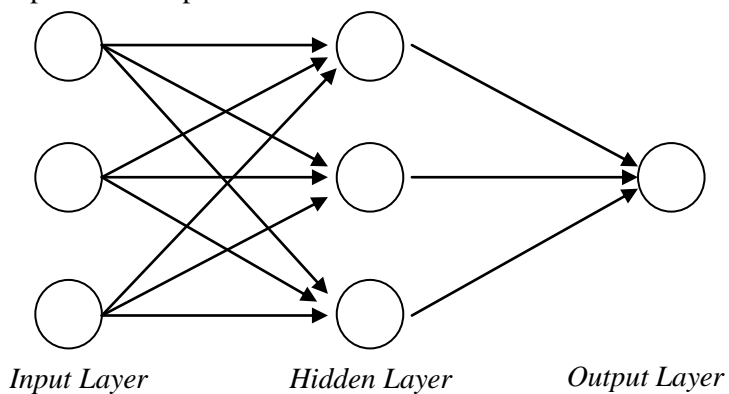
Istilah *fuzzy logic* diperkenalkan dari usulan *fuzzy set* teori yang berhubungan dengan logika, penalaran, perkiraan daripada suatu nilai yang pasti. Teori himpunan *fuzzy* diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Himpunan *fuzzy* \tilde{A} pada semesta pembicaraan X dapat didefinisikan sebagai sebuah himpunan pasangan terurut,

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (2.6)$$

dengan $\mu_A(x)$ adalah derajat keanggotaan x di \tilde{A} yang memetakan X ke ruang keanggotaan M yang terletak pada rentang $[0, 1]$ (Zadeh, 1965).

2.4.2 Artificial Neural Network (Jaringan Syaraf Tiruan)

Artificial Neural Network atau jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan (tiruan) dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran. Salah satu arsitektur jaringan syaraf tiruan (JST) adalah jaringan dengan banyak lapisan (*multilayer feedforward*). *Multilayer feedforward* terdiri dari: satu set unit sensor yang merupakan *input layers*, satu atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan masukan dan lapisan keluaran (memiliki satu atau lebih lapisan tersembunyi) disebut *hidden layer*, dan satu *output layer*, seperti terlihat pada Gambar 2.2.



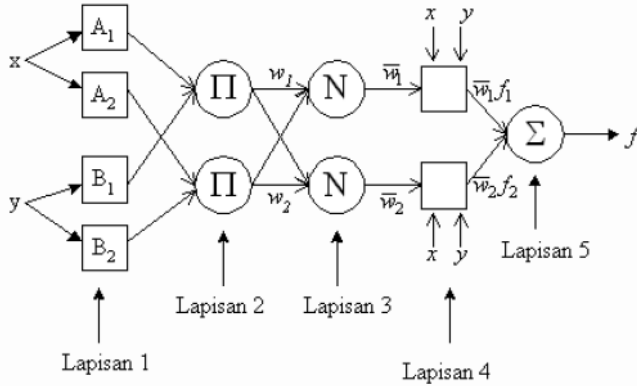
Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Proses belajar jaringan *multilayer* menggunakan metode pembelajaran terawasi (*supervised learning*), yaitu algoritma *backpropagation* yang didasari atas aturan koreksi kesalahan (Arifien, 2012).

2.4.3 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah penggabungan mekanisme fuzzy inference system

yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Struktur dasar dari ANFIS dapat dijabarkan kedalam feedforward neural network dengan 5 lapisan (Kin Seng Lei and Feng Wan, 2012).



Gambar 2.3 Arsitektur Jaringan ANFIS (J.Jang, C. Sun, and, E. Mizutani, 1997)

Lapisan-lapisan tersebut adalah (J.Jang, C. Sun, and, E. Mizutani, 1997):

Lapisan 1: Tiap-tiap *neuron* i pada lapisan pertama adaptif terhadap parameter suatu fungsi aktivasi. Keluaran dari tiap *neuron* berupa derajat keanggotaan yang diberikan oleh fungsi keanggotaan masukan, yaitu:

$$\alpha_{A1}(X_1), \alpha_{B1}(X_2), \alpha_{A2}(X_1), \text{ atau } \alpha_{B2}(X_2) .$$

Lapisan 2: Tiap-tiap *neuron* pada lapisan ke dua berupa *neuron* tetap yang keluarannya adalah hasil dari masukan. Biasanya digunakan operator AND. Tiap-tiap node merepresentasikan α predikat dari aturan ke- i .

$$O_{2,i} = W_i = \alpha_{A1}(X_1) \cdot \alpha_{B1}(X_2), \quad i = 1, 2 \quad (2.7)$$

Lapisan 3: Tiap-tiap *neuron* pada lapisan ke tiga berupa node tetap yang merupakan hasil perhitungan rasio dari α predikat (w), dari aturan ke- i terhadap jumlah dari keseluruhan α predikat.

$$O_{3,i} = \bar{W}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \text{ dengan } i = 1, 2 \quad (2.8)$$

Lapisan 4: Tiap-tiap *neuron* pada lapisan keempat merupakan node adaptif terhadap suatu keluaran. Dengan $i=1, 2, \dots$

$$O_{4,i} = \bar{W}_i y_i = \bar{W}_i (c_{i1}x_1 + c_{i2}x_2 + c_{i0}) \quad (2.9)$$

Dengan \bar{W}_i adalah *normalised firing strength* pada lapisan ke tiga dan (c_{i1}, c_{i2}, c_{i0}) adalah parameter-parameter pada *neuron* tersebut. Parameter-parameter pada lapisan tersebut disebut dengan nama *consequent parameters*.

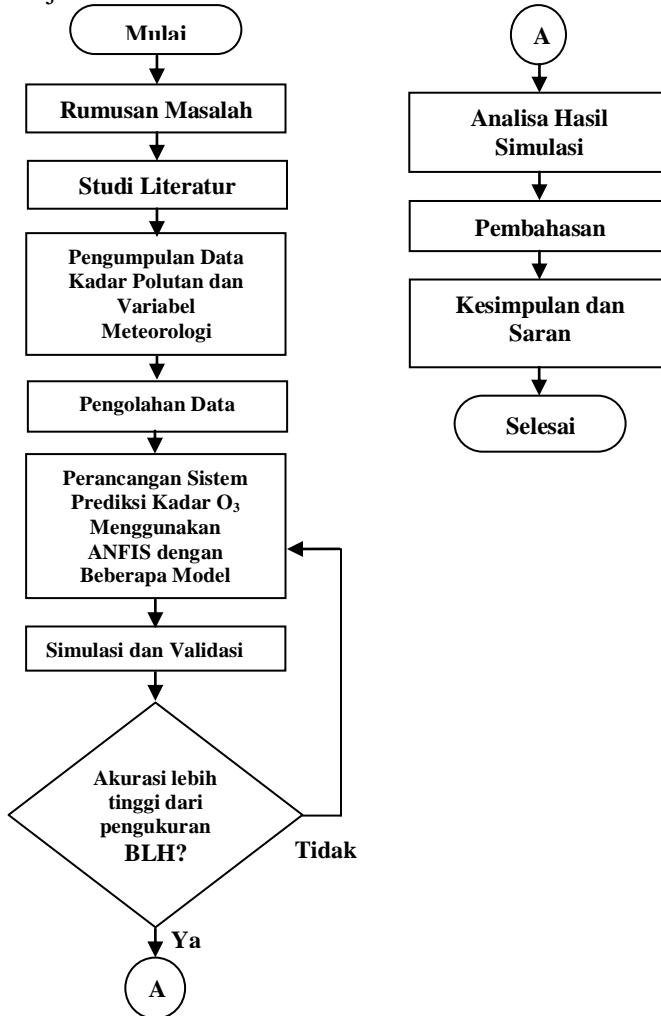
Lapisan 5: Tiap-tiap *neuron* pada lapisan ke lima adalah node tetap yang merupakan jumlahan dari semua masukan.

$$O_{5,i} = y = \sum_i \bar{W}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (2.10)$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini ditunjukkan oleh Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.1 Rumusan Masalah

Tahapan ini bertujuan untuk mencari masalah yang akan dipecahkan melalui penelitian. Salah satu masalah yang terjadi di kota besar seperti Surabaya adalah permasalahan polusi udara. Kota yang memiliki jumlah penduduk sebanyak 2.806.306 jiwa dengan luas wilayah sebesar 350,54 km² menjadikan Surabaya sebagai kota berpenduduk terpadat ke-2 di Indonesia. Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Di wilayah selatan Surabaya telah dibangun kawasan industri yang terdapat di Rungkut atau Brebek Industri, SIER (Surabaya Industrial Estate Rungkut PT. Persero). Sementara Di wilayah utara Surabaya terdapat kawasan industri dan pergudangan Tambak Langon - Kalianak - Margamulyo. Jumlah kendaraan bermotor di Surabaya mencapai 4,5 juta. Adanya kawasan industri dan besarnya jumlah kendaraan bermotor ini sangat berpotensi dalam menyumbang polusi udara. Dampak buruk dari polusi udara ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Menurut data dari Dinas Kesehatan Penduduk Surabaya sebanyak 235.725 penduduk menderita infeksi akut saluran pernafasan bagian atas (menempati peringkat pertama kejadian penyakit).

Kualitas udara di Surabaya dipantau melalui *air quality monitoring system* (AQMS) yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH). Stasiun pemantauan kualitas udara ambient ditempatkan di lima lokasi di Surabaya dan pelaporan hasil pemantauan ini dikemas dalam bahasa yang mudah dipahami oleh masyarakat yang dipublikasikan melalui papan *public display*. Data dari stasiun ini oleh BLH digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan tindakan pencegahan pencemaran udara yang lebih serius.

Informasi kualitas udara yang disampaikan kepada masyarakat saat ini hanya sebatas informasi pada hari pengukuran. Informasi mengenai prediksi kondisi kualitas udara pada hari selanjutnya perlu diberikan untuk pemberian informasi yang lebih baik.

Penelitian mengenai prediksi kualitas udara telah banyak dilakukan seperti prediksi kadar O_3 di Surabaya menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan yang menghasilkan tingkat keberhasilan berdasarkan nilai determinasi sebesar 92% untuk hari pertama, dan 76% untuk hari kedua. Penelitian ini menggunakan 7 parameter masukan (Arifien, 2012). Prediksi lain yang dilakukan di Surabaya menggunakan metode *fuzzy logic* menghasilkan akurasi sebesar 80.43% dengan 8 parameter masukan (Hikmah, 2012).

3.2 Studi Literatur

Tahapan awal ini adalah untuk memahami teori-teori yang berkaitan dengan tugas akhir dengan membaca jurnal, buku, dan tugas akhir. Mencari informasi mengenai pencemar salah satunya yaitu gas Ozon. Ozon adalah gas reaktif yang terdiri dari tiga molekul oksigen. Ozon adalah oksidan kuat, beracun, yang dapat merusak kesehatan makhluk hidup. Ozon terbentuk bila sebuah molekul oksigen dari gas seperti SO_2 dan NO_2 menyerap foton dari sinar matahari dengan panjang gelombang tertentu sehingga menghasilkan dua buah atom oksigen, dan atom tersebut bereaksi dengan sebuah atom oksigen. Keberadaan Ozon dipengaruhi oleh faktor lain seperti kadar SO_2 , NO_2 , global radiasi, kelembapan, kecepatan angin, arah angin, dan temperatur.

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference system (ANFIS)* menghasilkan akurasi peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Artificial Neural Network* dan Fuzzy. Pengetahuan terhadap metode ANFIS dan cara membangun sistem prediksi berbasis ANFIS menggunakan software MATLAB R2009 juga diperlukan

3.3 Pengumpulan Data Kadar Polutan dan Variabel Meteorologi

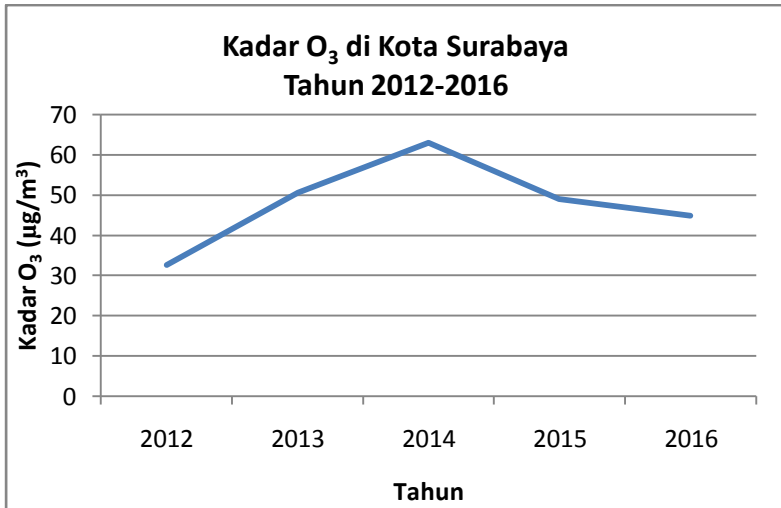
Variabel masukan dan keluaran dari prediktor yang di buat ditunjukkan pada tabel 3.1. Variabel keluaran adalah kadar O_3 pada hari selanjutnya ($h+1$). Data pada tabel 3.1 ini didapatkan dari Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya (BLH). Pengukura

variabel ini dilakukan oleh BLH dengan menempatkan stasiun pemantau tetap (SUF) menggunakan alat pemantau kualitas udara otomatis AQMS (Air Quality Management System). Kadar polutan dan variabel meteorologi akan diukur setiap 30 menit dan akan dirata-rata menjadi data harian. Terdapat 7 buah SUF yang ditempatkan di Taman Prestasi, Sukomanunggal, Gayungan, Gebang Putih, Wonorejo, dan Kebonsari. Hanya 2 SUF yang bekerja dengan baik yaitu yang berada di Wonorejo dan Kebonsari. Pada penelitian ini hanya digunakan data dari SUF 7 yang berlokasi di Kebonsari mulai dari 1 Januari 2012-31 Desember 2016. Data kadar polutan dan meteorologi berjumlah 1827 tiap variabel.

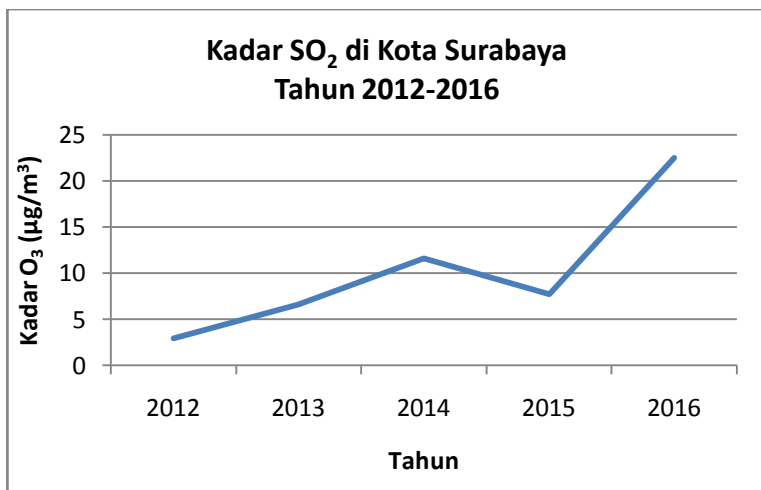
Tabel 3.1 Variabel masukan dan keluaran

No	Variabel Masukan	Variabel Keluaran
1	Kelembaban Udara (HUMair)	
2	Radiasi Global (GRAD)	
3	NO ₂	
4	SO ₂	
5	NO	O ₃ (h+1)
6	Temperatur Udara (T)	
7	Arah Angin (DD)	
8	Kecepatan Angin (FF)	
9	O ₃	

Gambar 3.2 menunjukkan tren kadar O₃ tahun 2012-2016 di Kota Surabaya. Kadar O₃ terus naik dari tahun 2012 sampai 2014 kemudian terus turun sampai tahun 2016. Kadar O₃ tertinggi terjadi pada tahun 2014 yakni rata-rata sebesar 62.93 µg/m³. Tabel 2.2 mengenai batas ISPU kadar O₃ masih dalam kategori baik dan tidak memberikan efek terhadap kesehatan makhluk hidup.

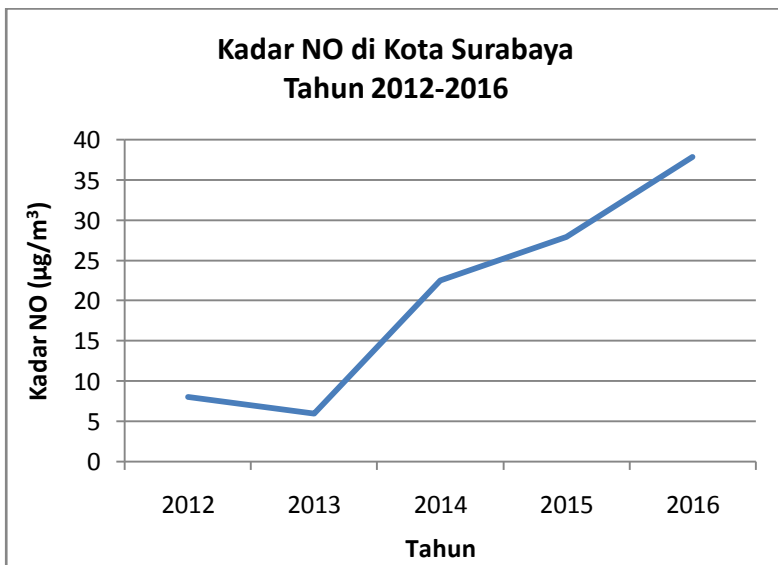


Gambar 3.2 Grafik Tren Kadar O_3 di Surabaya Tahun 2012-2016



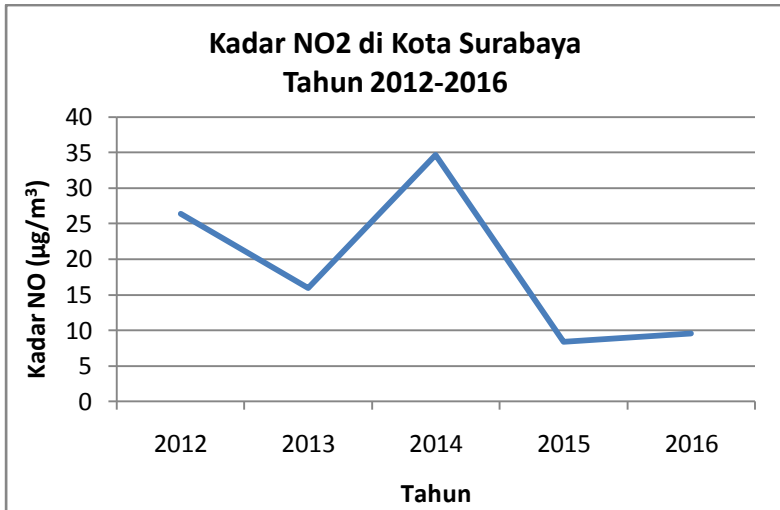
Gambar 3.3 Grafik Tren Kadar SO_2 di Surabaya Tahun 2012-2016

Gambar 3.3 menunjukkan tren kadar SO_2 tahun 2012-2016 di Kota Surabaya. Kadar SO_2 terus naik dari tahun 2012 sampai 2014 kemudian turun pada tahun 2015 dan kembali naik pada 2016. Kadar SO_2 tertinggi terjadi pada tahun 2016 yakni rata-rata sebesar $22.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan Tabel 2.2 mengenai batas ISPU kadar SO_2 masih dalam kategori baik dan tidak memberikan efek terhadap kesehatan makhluk hidup. SO_2 jika bereaksi dengan kelembaban akan menyebabkan korosi dan hujan asam (BLH, 2013).



Gambar 3.4 Grafik Tren Kadar NO di Surabaya Tahun 2012-2016

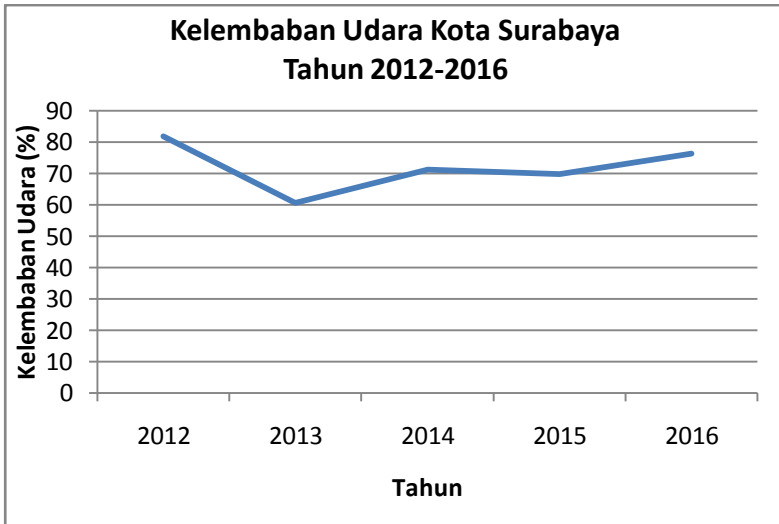
Tren kadar NO ditunjukkan pada gambar 3.4. Kadar NO terus naik kecuali pada tahun 2013. Kadar NO mengalami penurunan pada tahun 2013. Kadar NO tertinggi terjadi pada tahun 2016 yakni sebesar $37.88 \mu\text{g}/\text{m}^3$. NO di atmosfer adalah salah satu pembentuk ozon jika terjadi reaksi *photochemical* di lapisan troposfer.



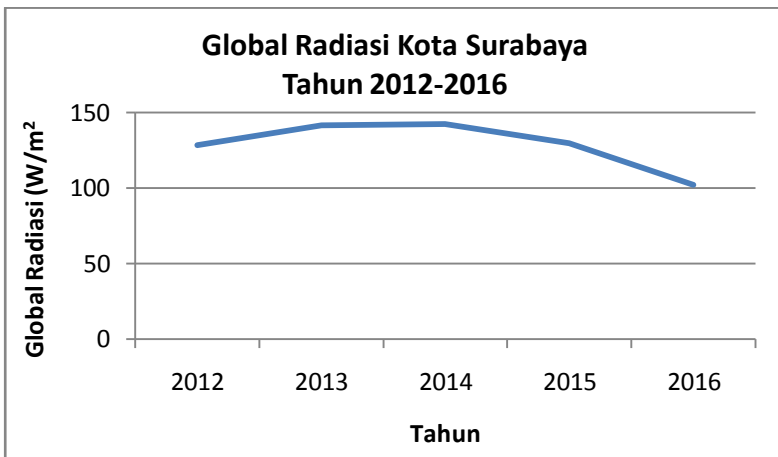
Gambar 3.5 Grafik Tren Kadar NO₂ di Surabaya Tahun 2012-2016

Tren kadar NO₂ ditunjukkan pada gambar 3.5. Kadar NO₂ tertinggi terjadi pada tahun 2014 yakni sebesar 9.52 µg/m³. NO₂ adalah salah satu gas pembentuk ozon sehingga keberadaannya sangat mempengaruhi kadar ozon.

Gambar 3.6 menunjukkan kelembaban udara di Kota Surabaya tahun 2012-2016. Kelembaban udara sempat turun di tahun 2013 kemudian terus naik. Kelembaban yang tinggi terlebih lagi pada musim hujan dikaitkan dengan rendahnya konsentrasi ozon. Kelembaban menyebabkan berkurangnya efisiensi *photochemical* dan deposisi ozon pada butiran air. Kelembaban udara dapat digunakan sebagai salah satu variabel utama prediktor ozon (Souza, 2014).



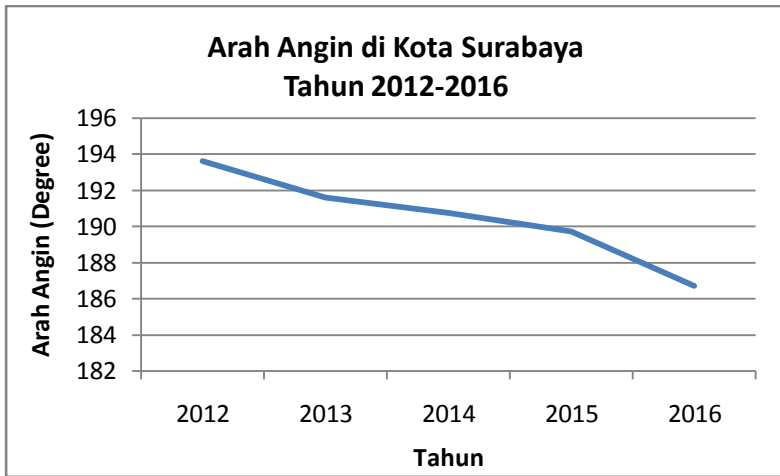
Gambar 3.6 Grafik Kelembaban di Surabaya Tahun 2012-2016



Gambar 3.7 Grafik Global Radiasi di Surabaya Tahun 2012-2016

Gambar 3.7 adalah global radiasi Kota Surabaya tahun 2012-2016. Konsentrasi ozon juga sangat dipengaruhi oleh global

radiasi di atmosfer. Global radiasi berkaitan dengan siklus *photochemical* yang kompleks dalam produksi ozon (Souza, 2014).

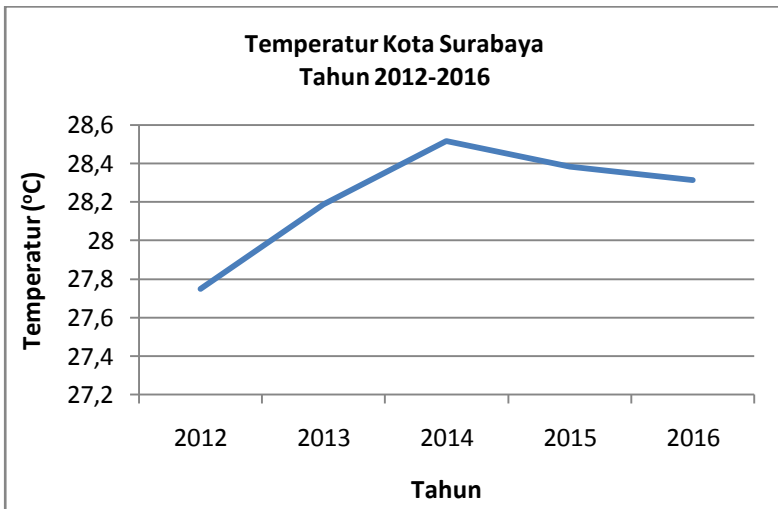


Gambar 3.8 Grafik Arah Angin di Surabaya Tahun 2012-2016

Gambar 3.8 adalah arah angin dan gambar 3.9 adalah kecepatan angin. Kedua variabel ini memiliki efek terhadap konsentrasi ozon. Kecepatan dan arah angin erat kaitannya dengan akumulasi ozon. Ozon prekursor berpindah dari suatu tempat oleh angin (Souza, 2014).



Gambar 3.9 Grafik Arah Angin di Surabaya Tahun 2012-2016



Gambar 3.10 Grafik Temperatur di Surabaya Tahun 2012-2016

Gambar 3.10 menunjukkan temperatur di Kota Surabaya tahun 2012-2016. Temperatur tertinggi terjadi pada tahun 2014 yakni 28.51 °C. Temperatur adalah indikator dari konduktivitas udara dalam memproduksi ozon yang menjaga terjadinya reaksi kimia. Variabel ini dianggap sebagai faktor paling berkorelasi kuat dengan konsentrasi ozon (Souza, 2014).

3.4 Pengolahan Data

Sebelum data digunakan dalam simulasi, data terlebih dahulu harus melalui proses pengolahan. Terdapat *missing value* pada data yang diterima dari BLH. *Missing value* adalah informasi yang tidak tersedia untuk sebuah objek atau kasus. *Missing value* pada perekaman kadar polutan di Surabaya terjadi pada saat AQMS mengalami kalibrasi. Salah satu cara mengatasi adanya *missing value* adalah dengan menghapusnya jika jumlahnya lebih dari 1% dari total data.

Setelah mengatasi *missing value* uji normalitas dilakukan terhadap seluruh data. Pengujian ini ditunjukkan untuk mengetahui sebaran pola data yang digunakan. Metode pengujian adalah Kolmogorov-Smirnov dengan tingkat kepercayaan 95%. Berdasarkan hal tersebut data yang digunakan (hipotesa) akan diterima jika memiliki $p\text{-value} > 0.05$.

Uji normalitas juga akan menghasilkan Q-Q plot yang menampilkan sebaran data. Dari grafik ini dapat dilihat adanya *oulier* data yaitu data yang menyimpang terlalu jauh baik terlalu kecil atau terlalu besar dari mayoritas data observasi (Cousineau, 2010). Keberadaan *outlier* ini dapat mengganggu hasil dari keseluruhan data sehingga harus dideteksi dan dibuang. *Z-score* adalah salah satu nilai yang dapat digunakan untuk mendeteksi *outlier*. *Z-score* adalah nilai yang menunjukkan hubungan nilai suatu kasus dengan nilai rata-rata suatu variabel. *Outlieri* adalah data yang memiliki nilai *Z-score* diluar range ± 3 (SwarupaTripathy, 2013). Uji normalitas dan perhitungan *Z-score* dilakukan dengan bantuan *software* IBM SPSS Statistics.

3.5 Perancangan Sistem Prediksi Kadar O_3

Perancangan sistem prediktor dilakukan dengan mengusulkan 9 model kombinasi variabel masukan berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan dan dimodifikasi dengan penambahan variabel lain. Model kombinasi variabel masukan ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 3.2 Model Sistem Prediktor

Model	Variabel Masukan	Rujukan
Model 1	O_3	Model desain
Model 2	O_3 , NO, NO_2 , T, FF, DD	(Rafati, 2014)
Model 3	O_3 , NO, NO_2 , SO_2 , HUMair, T, FF, DD	Model desain
Model 4	O_3 , NO, NO_2 , SO_2 , HUMair, T, FF, DD, GRAD	Model desain
Model 5	FF, DD, HUMair, T, GRAD, NO_2 , SO_2	(Arifien, 2012)
Model 6	FF, DD, HUMair, T, GRAD, NO_2 , SO_2 , O_3	Model desain
Model 7	O_3 , NO_2 , HUMair, T	(Hikmah, 2012)
Model 8	FF, DD, HUMair, T, NO_2 , SO_2 , O_3	Model desain
Model 9	O_3 , NO_2 , HUMair, T, SO_2	Model desain

Model 2; 5; dan 7 ditetapkan berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan yang menghasilkan nilai akurasi tertinggi. Model lain merupakan pengembangan dari ketiga model tersebut. Penambahan atau pengurangan variabel masukan dilakukan dengan memperhatikan efek variabel terhadap nilai akurasi prediktor.

Perancangan sistem menggunakan software MATLAB R2009. Data yang digunakan mulai dari 1 Januari 2012 - 31 Desember 2016. Data akan dibagi menjadi data training minimal 2/3 dari total data dan sisanya akan menjadi data validasi.

Beberapa model sistem prediktor dengan kombinasi variabel masukan dibuat. Training atau proses pembelajaran akan dilakukan dengan metode *sub-clustering* dengan mengubah-ubah nilai *range of influence* sampai mendapatkan testing error terendah. Kemudian dilakukan perhitungan nilai error estimasi atau pendekatan pada *range of influence* yang menghasilkan error terkecil menggunakan persamaan 3.1

$$\%error = \frac{\text{Nilai terbaca} - \text{Nilai sebenarnya}}{\text{Nilai sebenarnya}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Berikut ini diagram blok untuk masing masing model sistem prediktor kadar $O_3(h+1)$ berbasis ANFIS.

3.5.1 *Subtractive Clustering*

Pada *fuzzy inference system* konvensional, banyaknya *rule* ditentukan oleh seorang pakar yang familiar terhadap target sistem yang akan dimodelkan. Pada simulasi ANFIS tidak menggunakan pengetahuan pakar untuk menentukan jumlah fungsi keanggotaan dan *rule*. Fungsi keanggotaan dan *rule* ditentukan secara empiri baik dengan memplot data ataupun dengan *tial and error*. Jumlah data set yang lebih dari tiga cara tersebut tidaklah efektif dan akan memakan banyak waktu. Penentuan *rule* juga akan menjadi sulit agar didapatkan hasil yang terbaik. Identifikasi model secara otomatis akan sangat membantu.

Algoritma *subtractive clustering* dapat memperkirakan jumlah *cluster* dan menempatkan lokasi *cluster* secara otomatis. Setiap sample akan dianggap berpotensi menjadi pusat *cluster* (Hiremath, 2012).

Konsep dasar dari metode *fuzzy subtractive clustering* adalah menentukan daerah-daerah dalam variabel yang memiliki densitas tinggi terhadap titik-titik disekitarnya. Titik dengan jumlah tetangga terbanyak akan dipilih untuk menjadi pusat kelompok. Titik yang sudah dipilih ini kemudian akan dikurangi densitasnya selanjutnya akan dipilih titik lain yang menjadi tetangga terbanyak untuk dijadikan pusat kelompok lain. Hal ini dilakukan berulang-ulang sampai semua titik teruji. Metode

Metode *fuzzy subtractive clustering* tergolong metode *unsupervised clustering* dimana jumlah pusat *cluster* tidak diketahui. Metode ini menggunakan data sebagai kandidat dari pusat *cluster*, sehingga beban komputasi tergantung dari jumlah data. Jumlah pusat *cluster* yang dicari ditentukan melalui proses iterasi untuk mencari titik-titik dengan jumlah tetangga terbanyak.

Apabila terdapat n buah data yaitu x_1, x_2, \dots, x_n dan dengan menganggap bahwa data-data tersebut sudah dalam keadaan normal, maka densitas suatu titik dapat dihitung dengan persamaan 3.1

$$D_k = \sum_{j=1}^n \exp \left\{ -\frac{\|x_k - x_j^2\|}{(r_a/2)^2} \right\} \quad (3.1)$$

Dimana:

D_k = Densitas titik ke- k

x_k = Titik ke- k

r_a = Radius (*Range of influence*), konstanta positif

Dengan demikian, suatu titik data akan memiliki densitas yang besar jika titik tersebut memiliki banyak tetangga. Setelah menghitung densitas tiap-tiap titik, maka titik dengan densitas tertinggi akan terpilih menjadi pusat kelompok.

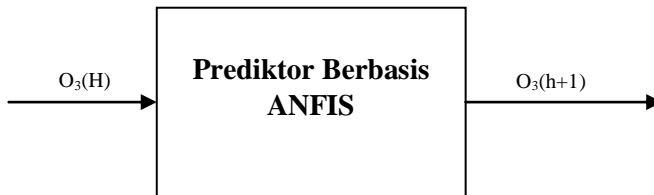
Nilai *range of influece* akan menentukan seberapa besar efek dari pusat cluster. Semakin besar nilai *range of influece* menghasilkan jumlah *cluster* atau fungsi keanggotaan yang semakin sedikit.

3.5.2 Diagram Blok dan Arsitektur Model Prediktor

Perancangan prediktor terdiri dari 9 model yang dibedakan berdasarkan kombinasi variabel masukan. Perbedaan jumlah variabel masukan, jumlah *rule*, *fungsi keanggotaan*, dan *node* akan menghasilkan arsitektur prediktor yang berbeda. Diagram blok masing-masing model serta arsitekturnya dijabarkan sebagai berikut.

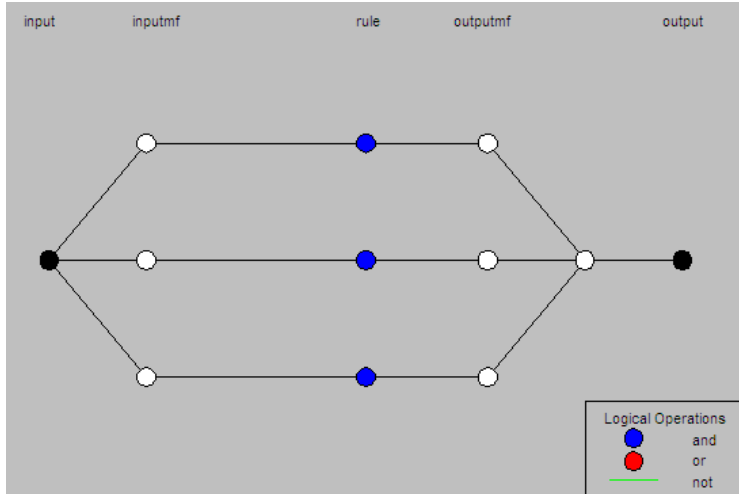
3.5.1.1 Prediktor Model 1

Model 1 memiliki 1 variabel masukan yakni kadar O_3 dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Diagram blok sistem prediktor model 1 ditunjukkan oleh gambar 3.11



Gambar 3.11 Diagram Blok Model 1

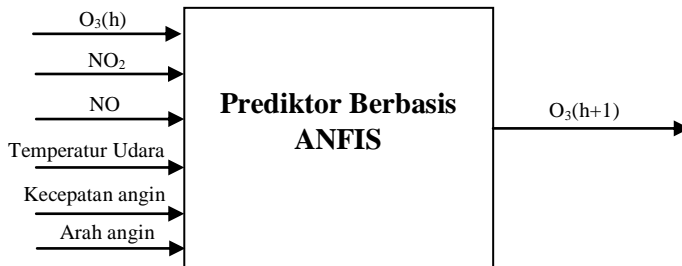
Model 1 terdiri dari 3 fungsi keanggotaan, 16 *node*, dan 3 buah *rule*. Arsitektur dari model 1 ditunjukkan oleh gambar 3.12.



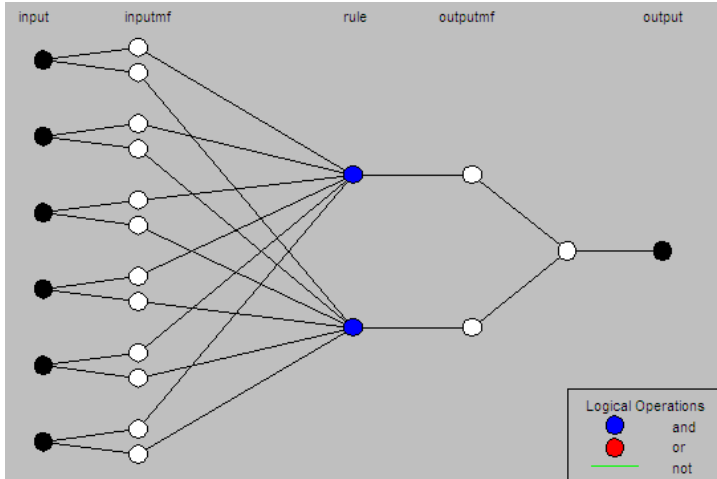
Gambar 3.12 Arsitektur Model 1

3.5.1.2 Prediktor Model 2

Diagram blok dari sistem prediktor model 2 ditunjukkan pada gambar 3.13. Model ini memiliki 6 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO , NO_2 , temperatur, kecepatan angin, dan arah angin dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya.



Gambar 3.13 Diagram Blok Model 2

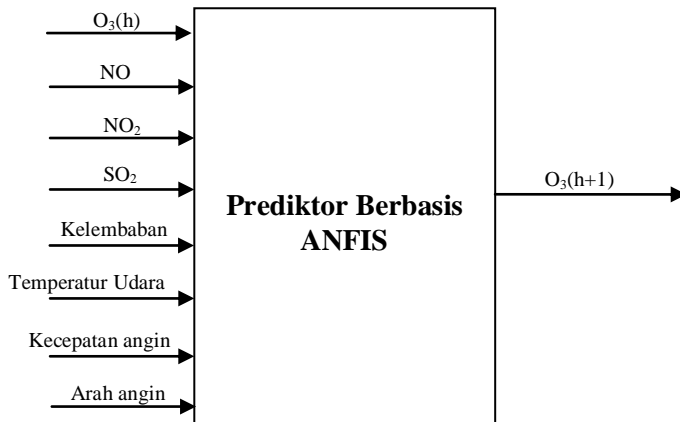


Gambar 3.14 Arsitektur Model 2 Saat *Range of Influence* bernilai 0.9

Model 2 terdiri dari 2 fungsi keanggotaan, 37 *node*, dan 2 buah *rule*. Nilai parameter tersebut menghasilkan *range of influence* sebesar 0.9. Arsitektur dari model 2 ditunjukkan oleh gambar 3.14.

3.5.1.3 Prediktor Model 3

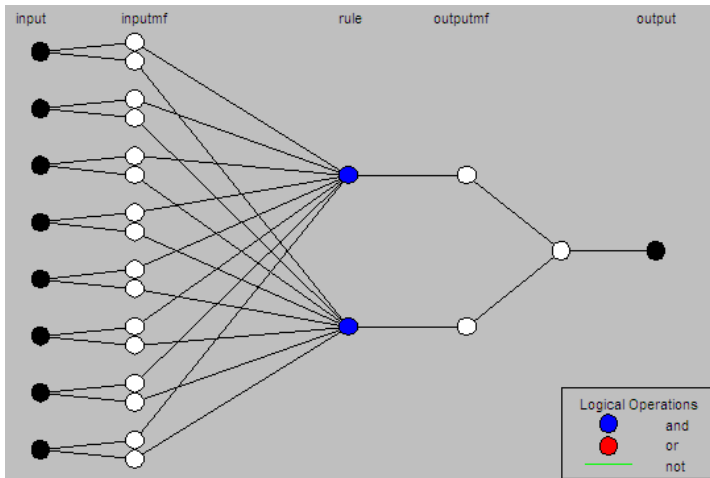
Diagram blok dari sistem prediktor model 3 ditunjukkan pada gambar 3.15. Model ini memiliki 8 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO, NO_2 , SO_2 , kelembaban, temperatur, kecepatan angin, dan arah angin dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya.



Gambar 3.15 Diagram Blok Model 3

Model ini adalah model 2 dengan penambahan variabel SO_2 dan kelembaban untuk melihat pengaruh dari kedua variabel ini.

Model 3 terdiri dari 2 fungsi keanggotaan, 47 *node*, dan 2 buah *rule*. Nilai parameter tersebut menghasilkan *range of influence* sebesar 1. Arsitektur dari model 3 ditunjukkan oleh gambar 3.16.

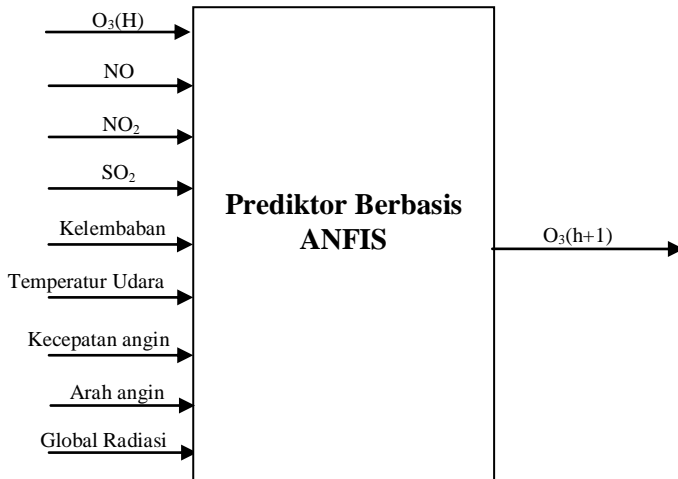


Gambar 3.16 Arsitektur Model 3 Saat *Range of Influence* bernilai 1

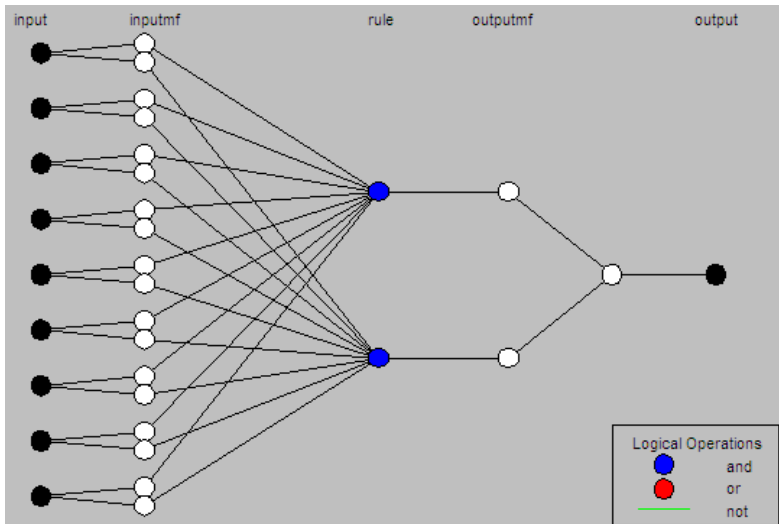
3.5.1.4 Prediktor Model 4

Diagram blok dari sistem prediktor model 4 ditunjukkan pada gambar 3.17. Model ini memiliki 9 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO, NO_2 , SO_2 , kelembaban, temperatur, kecepatan angin, arah angin dan global radiasi dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Model ini adalah model 3 dengan penambahan variabel global radiasi sebagai variabel masukan untuk melihat efek dari variabel ini. Model ini juga menggunakan seluruh variabel masukan.

Model 4 terdiri dari 2 fungsi keanggotaan, 52 *node*, dan 2 buah *rule*. Nilai parameter tersebut menghasilkan *range of influence* sebesar 1.1. Arsitektur dari model 4 ditunjukkan oleh gambar 3.18.



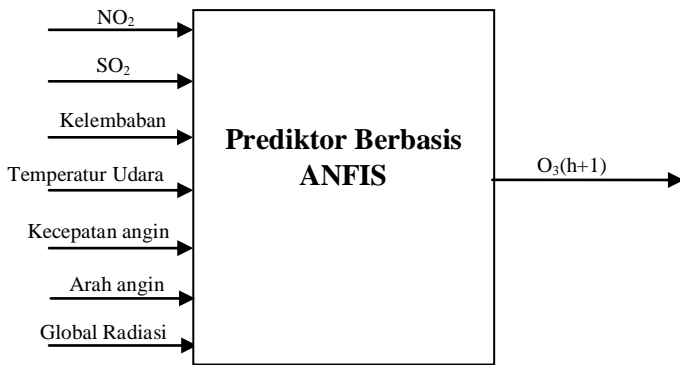
Gambar 3.17 Diagram Blok Model 4



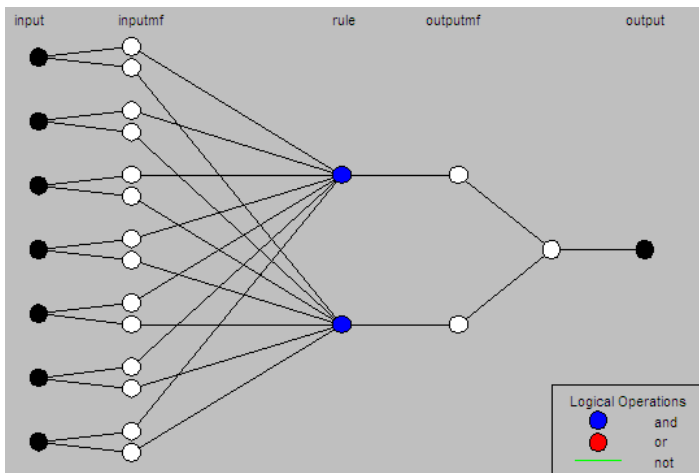
Gambar 3.18 Arsitektur Model 4 Saat *Range of Influence* bernilai 1.1

3.5.1.5 Prediktor Model 5

Diagram blok dari sistem prediktor model 5 ditunjukkan pada gambar 3.19. Model ini memiliki 7 variabel masukan yakni kadar NO₂, SO₂, kelembaban, temperatur, kecepatan angin, arah angin dan global radiasi dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O₃ keesokan harinya. Model menghilangkan variabel masukan kadar O₃ dan NO.



Gambar 3.19 Diagram Blok Model 5

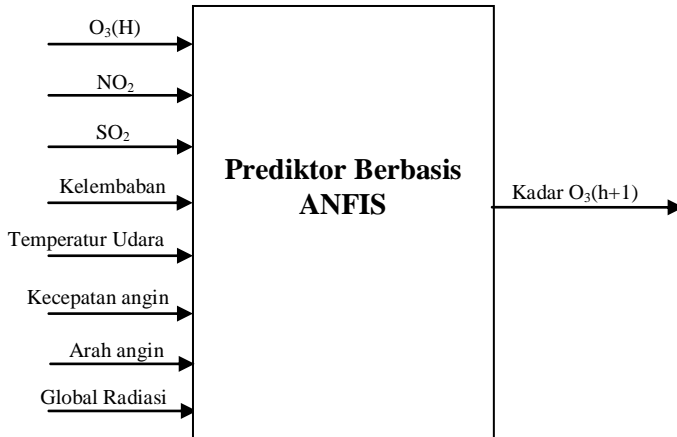


Gambar 3.20 Arsitektur Model 5 Saat *Range of Influence* bernilai 1

Model 5 terdiri dari 2 fungsi keanggotaan, 42 *node*, dan 2 buah *rule*. Nilai parameter tersebut menghasilkan *range of influence* sebesar 1. Arsitektur dari model 5 ditunjukkan oleh gambar 3.20.

3.5.1.6 Prediktor Model 6

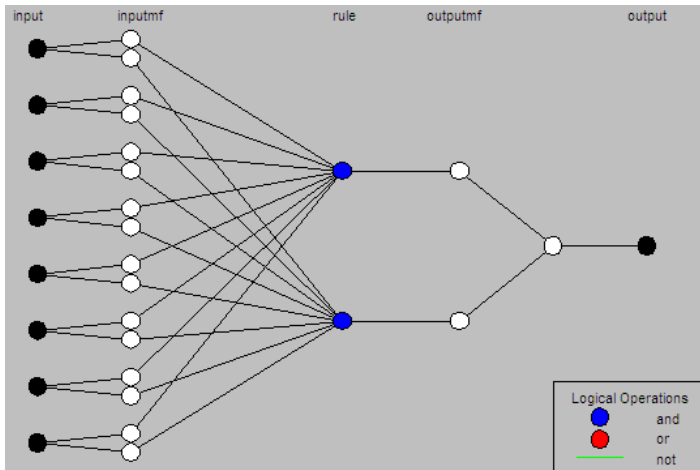
Diagram blok dari sistem prediktor model 6 ditunjukkan pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Diagram Blok Model 6

Model ini memiliki 8 variabel masukan yakni kadar NO_2 , SO_2 , kelembaban, temperatur, kecepatan angin, arah angin, global radiasi dan O_3 dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Model menghilangkan variabel kadar NO sebagai variabel masukan.

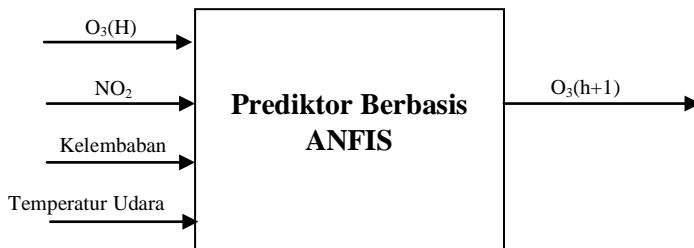
Model 6 terdiri dari 2 fungsi keanggotaan, 47 *node*, dan 2 buah *rule*. Nilai parameter tersebut menghasilkan *range of influence* sebesar 1. Arsitektur dari model 6 ditunjukkan oleh gambar 3.22.



Gambar 3.22 Arsitektur Model 6 Saat *Range of Influence* bernilai 1

3.5.1.7 Diagram Blok Model 7

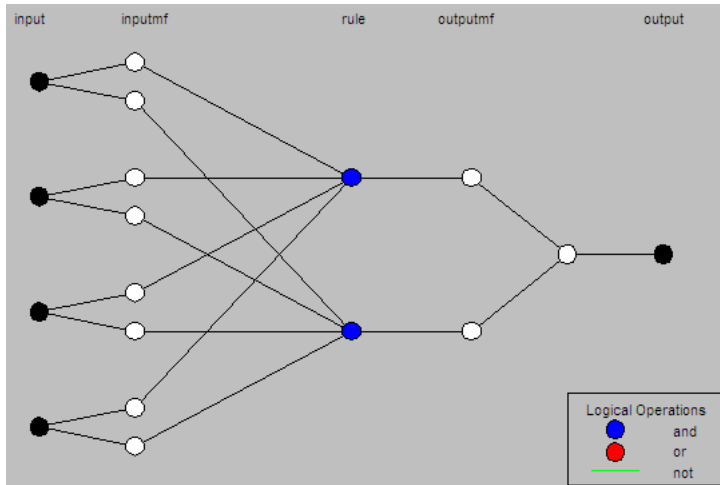
Diagram blok dari sistem prediktor model 7 ditunjukkan pada gambar 3.23. Model ini memiliki 4 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO_2 , kelembaban, dan temperatur dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya.



Gambar 3.23 Diagram Blok Model 7

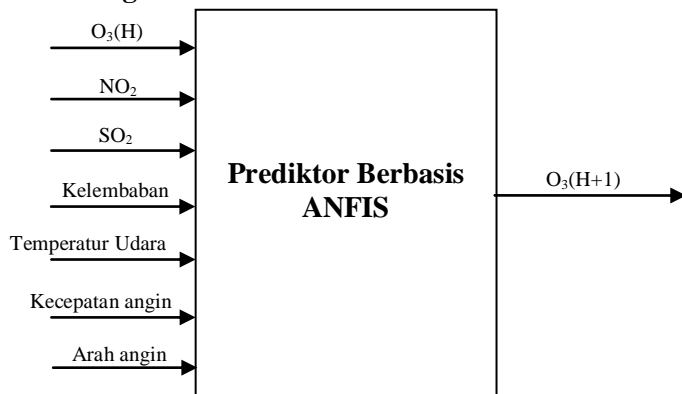
Model 7 terdiri dari 2 fungsi keanggotaan, 27 *node*, dan 2 buah *rule*. Nilai parameter tersebut menghasilkan

range of influence sebesar 0.6. Arsitektur dari model 6 ditunjukkan oleh gambar 3.24.



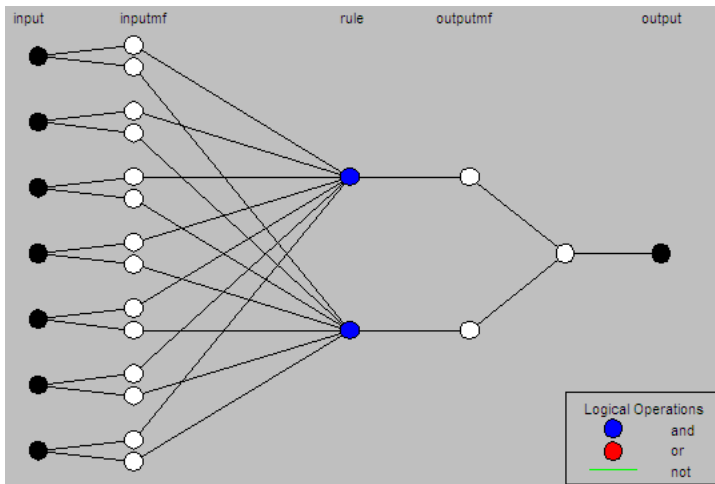
Gambar 3.24 Arsitektur Model 7 Saat *Range of Influence* bernilai 0.6

3.5.1.8 Diagram Blok Model 8



Gambar 3.25 Diagram Blok Model 8

Diagram blok dari sistem prediktor model 8 ditunjukkan pada gambar 3.25. Model ini memiliki 7 variabel masukan yakni kadar NO_2 , SO_2 , kelembaban, temperatur, kecepatan angin, arah angin, dan kadar O_3 dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya.



Gambar 3.26 Arsitektur Model 8 Saat *Range of Influence* bernilai 1.1

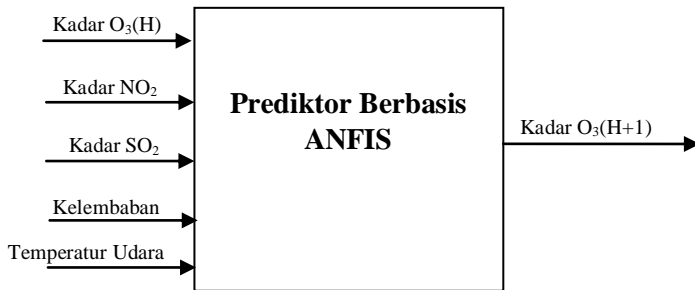
Model 8 terdiri dari 2 fungsi keanggotaan, 42 *node*, dan 2 buah *rule*. Nilai parameter tersebut menghasilkan *range of influence* sebesar 1.1. Arsitektur dari model 6 ditunjukkan oleh gambar 3.26.

3.5.1.9 Diagram Blok Model 9

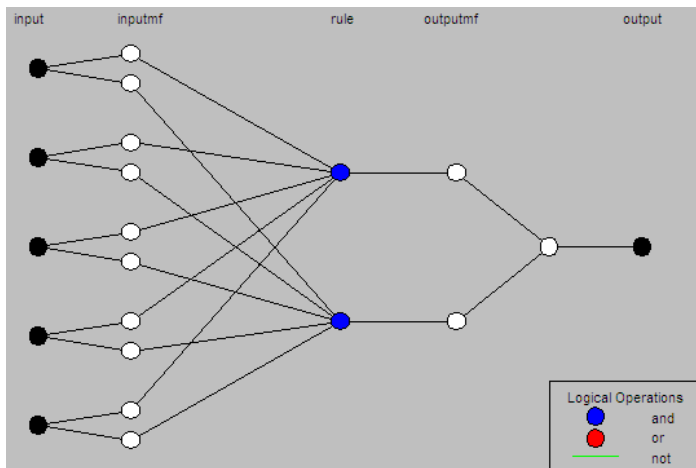
Diagram blok dari sistem prediktor model 9 ditunjukkan pada gambar 3.27. Model ini memiliki 5 variabel masukan yakni kadar O_3 , kadar NO_2 , kadar SO_2 , kelembaban, dan temperatur dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya.

Model 9 terdiri dari 2 fungsi keanggotaan, 32 *node*, dan 2 buah *rule*. Nilai parameter tersebut menghasilkan

range of influence sebesar 0.7. Arsitektur dari model 6 ditunjukkan oleh gambar 3.28.



Gambar 3.27 Diagram Blok Model 9



Gambar 3.28 Arsitektur Model 9 Saat *Range of Influence* bernilai 0.7

3.6 Simulasi dan Validasi

Simulasi sistem prediktor dilakukan dengan bantuan software MATLAB. Proses training dilakukan dengan minimal 2/3 dari total data dan sisanya akan menjadi data validasi. Perbandingan nilai error antar model dilakukan untuk

mendapatkan model dengan akurasi terbaik atau memiliki *error* yang paling kecil.

3.7 Akurasi Lebih Tinggi dari Pengukuran BLH

Pengukuran versi Badan Lingkungan Hidup memiliki tingkat akurasi sebesar 90%. Apabila akurasi dari sistem prediktor kadar O_3 yang dibuat tidak lebih tinggi dari akurasi pengukuran versi BLH maka akan dilakukan perbaikan.

3.8 Analisa Hasil Simulasi dan Pembahasan

Dilakukan analisa terhadap hasil sistem prediktor yang telah dibuat untuk menjawab rumusan masalah. Analisa dilakukan terkait dengan hasil akurasi sistem prediktor yang dibuat apakah sudah menghasilkan nilai yang lebih baik dari pada akurasi versi Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya, parameter pada sistem prediktor, serta kombinasi variabel masukan.

3.9 Kesimpulan dan Saran

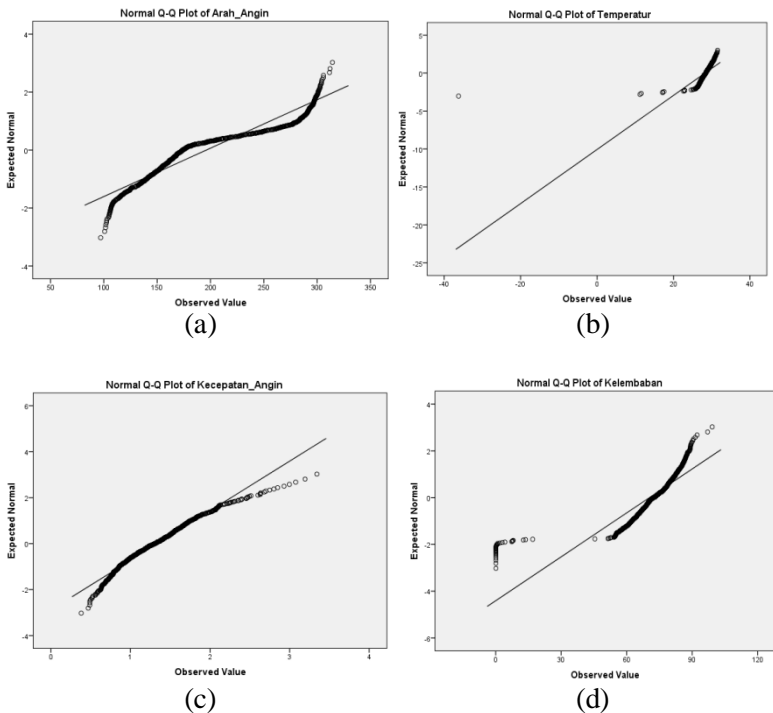
Menarik kesimpulan yang menjawab rumusan masalah dari tugas akhir serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

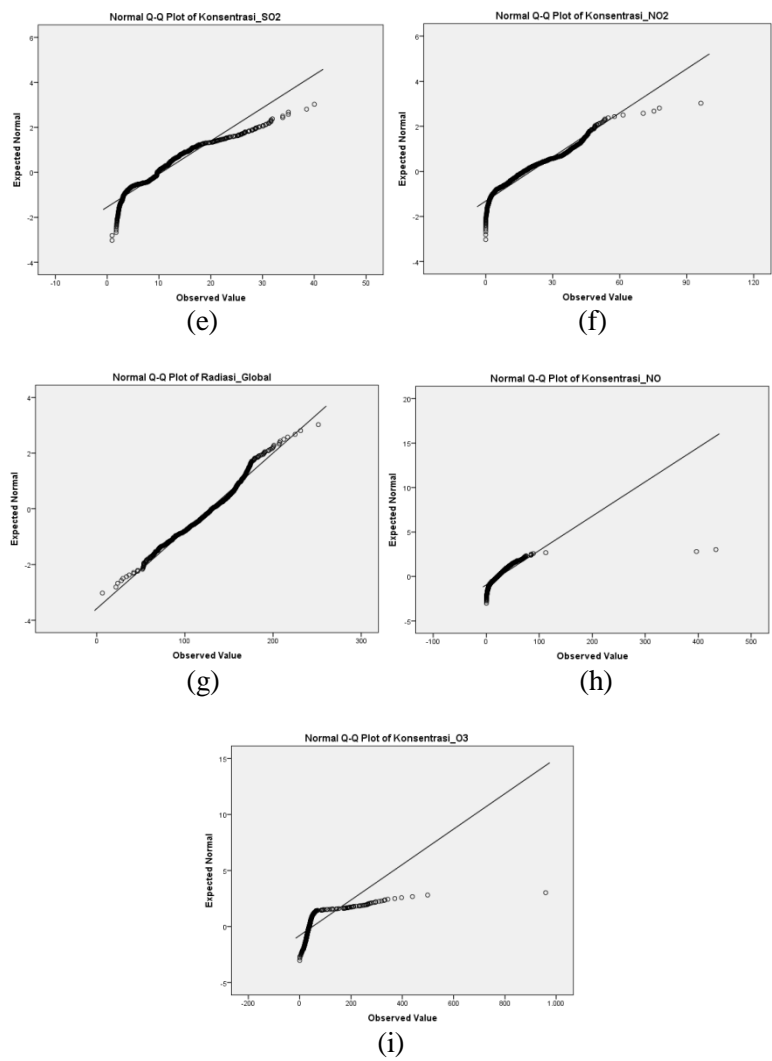
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Normalitas

Setelah *missing value* dihilangkan selanjutnya dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov terhadap seluruh variabel. Grafik hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 4.1 dan hasil p-value ditunjukkan pada gambar 4.2.





Gambar 4.1 Normal Q-Q Plot Variabel Masukan (a)Arah Angin (b)Temperatur (c)Kecepatan Angin (d)Kelembaban (e)SO₂ (f)NO₂ (g) Radiasi Global (h)NO (i)O₃

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Kelembaban	Arah_Angin	Temperatur	Kecepatan_A ngin
N		802	802	802	802
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	70,4397	196,0715	28,2599	1,3376
	Std. Deviation	15,97708	59,90279	2,80740	,46337
Most Extreme Differences	Absolute	,153	,161	,225	,048
	Positive	,112	,161	,179	,048
	Negative	-,153	-,099	-,225	-,041
Test Statistic		,153	,161	,225	,048
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Konsentrasi_ SO2	Konsentrasi_ NO2	Radiasi_Glob al	Konsentrasi_ NO	Konsentrasi_ O3
N		802	802	802	802	802
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	10,5172	20,2050	128,2462	24,3789	50,1919
	Std. Deviation	6,80874	15,34451	35,79675	25,90050	63,23429
Most Extreme Differences	Absolute	,096	,094	,058	,177	,355
	Positive	,088	,083	,050	,127	,355
	Negative	-,096	-,094	-,058	-,177	-,268
Test Statistic		,096	,094	,058	,177	,355
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c

Gambar 4.2 Hasil Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov

Garis diagonal pada normal Q-Q Plot gambar 4.1 disebut garis *fit line* yang menggambarkan keadaan idel dari data. Titik-titik disekitar garis adalah keadaan data yang diuji. Jika kebanyakan titik berada dekat dengan garis maka data mengikuti distribusi normal. Namun walaupun begitu terdapat data pencilan (*outlier*) yang berada jauh dari garis ini. Normalitas dari variabel dapat dilihat dari nilai p-value Kolmogorov-Smirnov yang ditunjukkan oleh gambar 4.2 pada bagian yang berada di kotak merah. Terlihat semua variabel memiliki nilai p-value >0.05 yang berarti semua variabel terdistribusi normal. Namun begitu keberadaan outlier tetap harus dihilangkan dengan mendapatkan *z-score* dari tiap kasus. Kasus yang memiliki nilai *Z-score* di luar range $-3 < Z < 3$ harus dihapus.

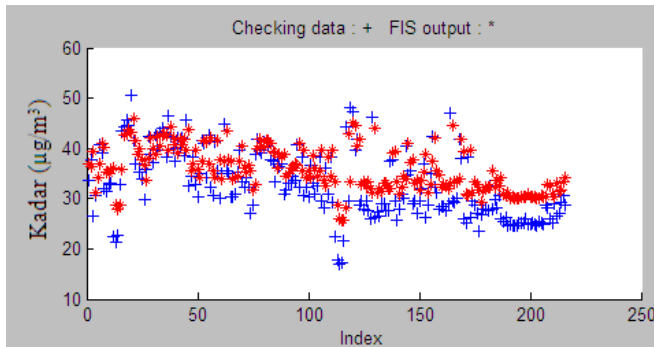
Data yang tersisa setelah menghilangkan *missing value* dan *outlier* sebanyak 720 data. 504 data akan menjadi data training, dan 216 data akan menjadi data validasi.

4.2 Hasil Simulasi Model

Hasil pemodelan setiap hubungan masukan dan keluaran dari 9 model sistem prediktor kadar O_3 berbasis ANFIS diberikan pada uraian berikut

4.2.1 Hasil Simulasi Model 1

Model 1 menggunakan metode *grid clustering* dengan 3 buah *membership function* tipe gauss. Model ini tidak dapat menggunakan metode sub clustering karena hanya terdiri dari 1 masukan yaitu O_3 . Model ini menghasilkan *error* estimasi sebesar 16.46%.

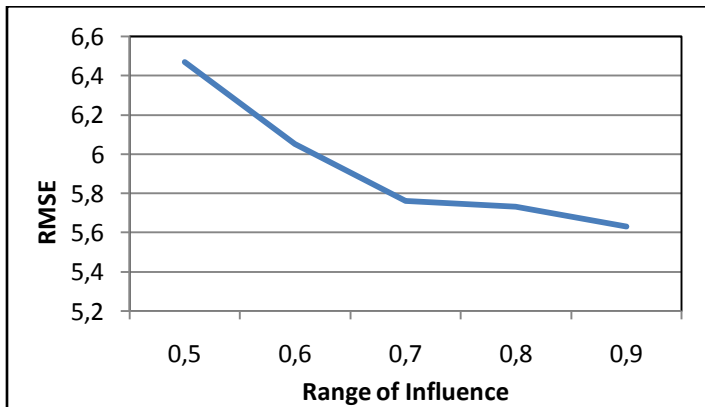


Gambar 4.3 Plot Hasil Validasi Model 1

Gambar 4.3 menunjukkan hasil dari sistem prediktor model 1 yang memiliki 1 variabel masukan yakni kadar O_3 dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Titik-titik merah merupakan kadar O_3 hasil dari prediktor, sedangkan titik-titik biru merupakan kadar O_3 pengukuran BLH. Terlihat mayoritas titik-titik merah berada di atas titik-titik biru yang artinya prediktor menghasilkan nilai prediksi yang lebih tinggi dari nilai sebenarnya.

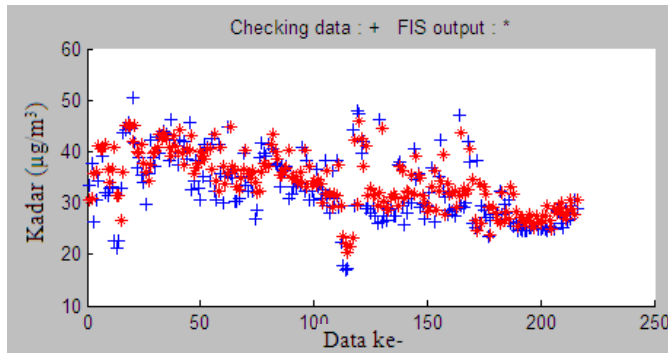
4.2.2 Hasil Simulasi Model 2

Prediktor model 2 memiliki 6 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO , NO_2 , temperatur, kecepatan angin, dan arah angin dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Simulasi model ini menggunakan metode *sub clustering* untuk menentukan *membership function*nya.



Gambar 4.4 RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 2

Nilai *range of influence* diubah-ubah yang menghasilkan *error* validasi yang berbeda pula. *Error* validasi merupakan *rootmean square error* (RMSE). Perubahan RMSE yang dihasilkan terhadap perubahan nilai *range of influence* ditunjukkan oleh gambar 4.4. Semakin besar nilai *range of influence*, RMSE yang dihasilkan semakin kecil. RMSE terkecil saat *range of influence* sebesar 0.9 yang menghasilkan 2 buah *rules*. Jika nilai RMSE diperbesar lagi sistem prediktor tidak dapat bekerja karena minimal harus ada 2 buah *rules* untuk menggunakan metode *sub clustering*.



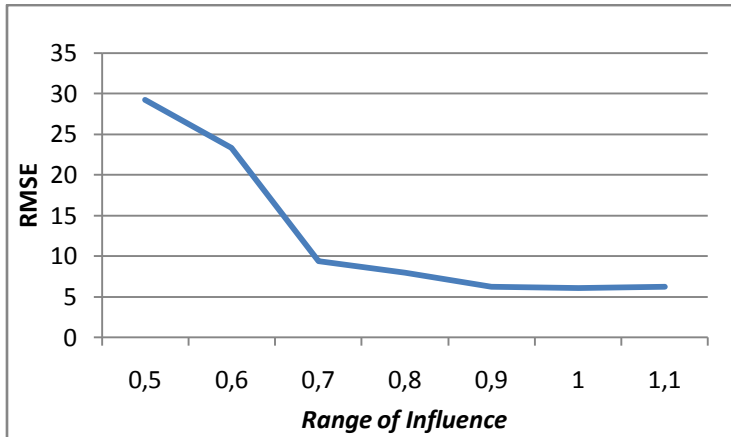
Gambar 4.5 Plot Hasil Validasi Model 2

Gambar 4.5 menunjukkan hasil dari sistem prediktor model 2. Nilai keluaran sistem prediktor berada di atas nilai sebenarnya namun lebih baik dari pada model 1. Penambahan jumlah variabel masukan semakin mendekatkan nilai keluaran prediktor dengan nilai sebenarnya. *Error* estimasi terbaik dari model ini sebesar 13.41%

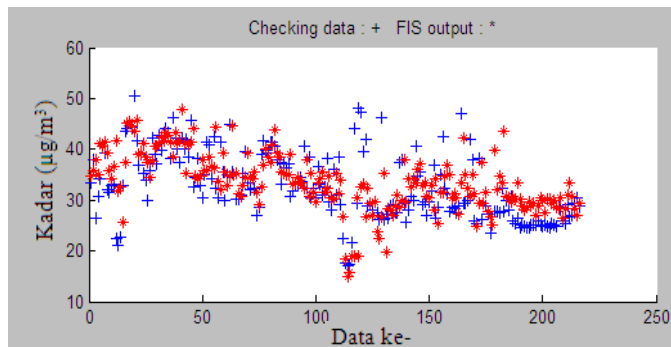
4.2.3 Hasil Simulasi Model 3

Sistem prediktor model 3 memiliki 8 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO , NO_2 , kadar SO_2 , kelembaban, temperatur, kecepatan angin, dan arah angin dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Model ini adalah model 2 dengan penambahan variabel SO_2 dan kelembaban untuk melihat pengaruh dari kedua variabel ini.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa RMSE terus mengalami penurunan saat nilai *range of influence* diperbesar dari 0.5 sampai menghasilkan RMSE terendah saat *range of influence* bernilai 1, yakni 6.08. Saat *range of influence* diperbesar menjadi 1.1 RMSE malah meningkat. Model 3 ini menghasilkan *error* estimasi terbaik sebesar 13.70%.



Gambar 4.6 RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 3



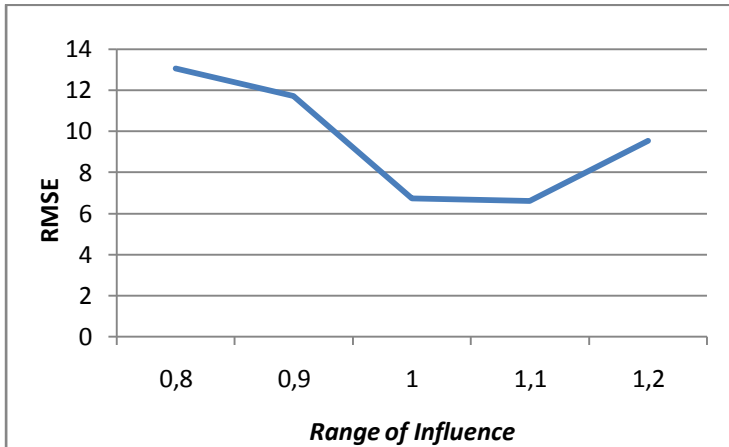
Gambar 4.7 Plot Hasil Validasi Model 3

Gambar 4.7 menunjukkan nilai keluaran dari prediktor sedikit lebih tinggi jika dibandingkan dengan model 3. Penambahan variabel SO_2 dan kelembaban membuat akurasi menurun jika dibandingkan dengan prediktor model 2.

4.2.4 Hasil Simulasi Model 4

Model 4 memiliki 9 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO , NO_2 , SO_2 , kelembaban, temperatur, kecepatan angin, arah

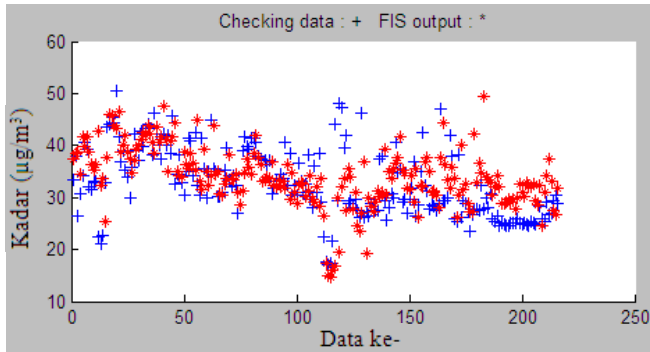
angin dan global radiasi dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Model ini adalah model 3 dengan penambahan variabel global radiasi sebagai variabel masukan untuk melihat efek dari variabel ini.



Gambar 4.8 RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 4

Gambar 4.8 menunjukkan RMSE terus menurun sampai akhirnya berada pada nilai terendah yakni 6.60 saat nilai *range of influence* 1.1. Ketika *range of influence* diperbesar lagi RMSE malah membesar. *Error* estimasi terbaik yang dihasilkan model ini sebesar 15.60%. Penambahan variabel global radiasi justru memberbesar *error* sistem prediktor.

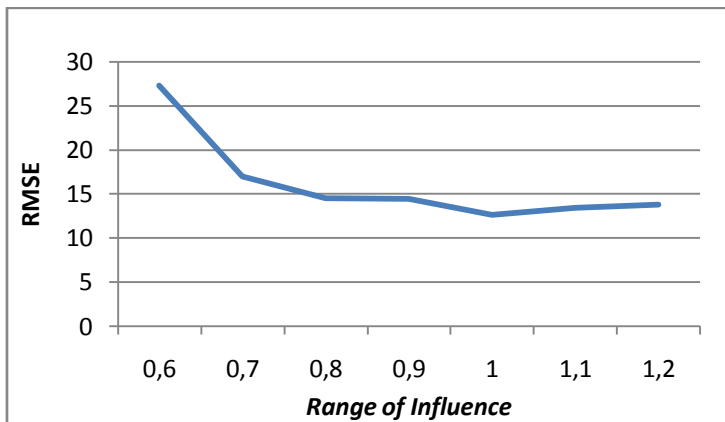
Gambar 4.6 juga menunjukkan nilai keluaran prediktor berada lebih renggang dari nilai sebenarnya.



Gambar 4.9 Plot Hasil Validasi Model 4

4.2.5 Hasil Simulasi Model 5

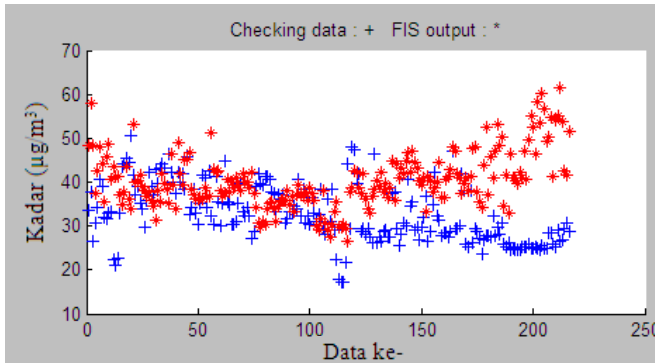
Model 5 memiliki 7 variabel masukan yakni kadar NO_2 , SO_2 , kelembaban, temperatur, kecepatan angin, arah angin dan global radiasi dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Model menghilangkan variabel masukan kadar O_3 dan NO .



Gambar 4.10 RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 5

Gambar 4.10 menunjukkan RMSE terus menurun ketika nilai *range of influence* diperbesar sampai akhirnya mencapai

nilai terendah sebesar 12.64 saat nilai *range of influence* 1. RMSE semakin naik saat *range of influence* diperbesar lebih dari 1.



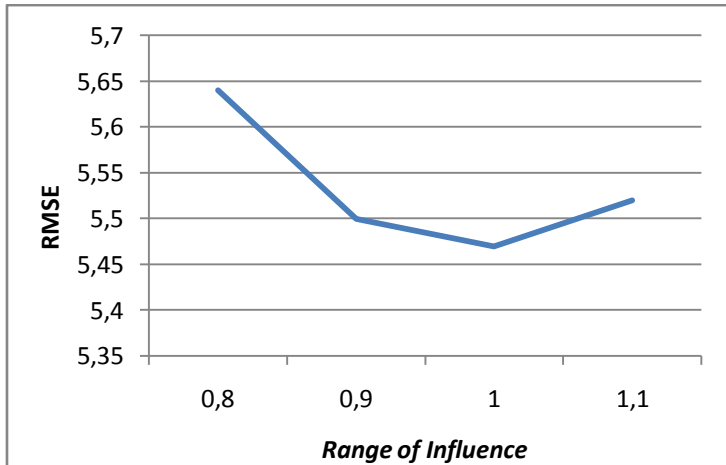
Gambar 4.11 Plot Hasil Validasi Model 5

Model ini menghasilkan nilai *error* estimasi yang paling besar yakni sebesar 35.13%. Nilai keluaran prediktor berada sangat jauh lebih tinggi dari pada nilai sebenarnya apabila dilihat dari gambar 4.7. penghilangan variabel O_3 dan NO memberikan dampak yang signifikan terhadap kenaikan nilai *error* prediktor.

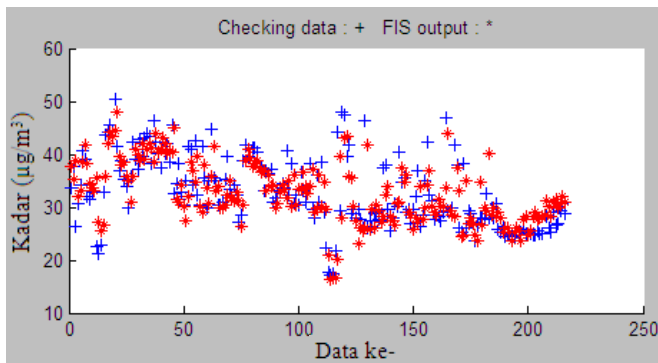
4.2.6 Hasil Simulasi Model 6

Sistem prediktor model 6 memiliki 8 variabel masukan yakni kadar NO_2 , SO_2 , kelembaban, temperatur, kecepatan angin, arah angin, global radiasi dan kadar O_3 dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Model 6 ini menghilangkan variabel kadar NO sebagai variabel masukan.

Gambar 4.12 menunjukkan RMSE terus mengecil ketika nilai *range of influence* diperbesar. RMSE paling kecil bernilai 5.47 saat *range of influence* sebesar 1. RMSE semakin besar jika *range of influence* lebih dari 1.



Gambar 4.12 RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 6

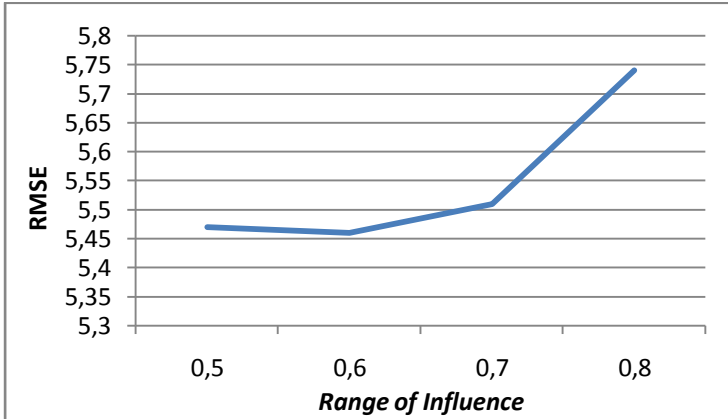


Gambar 4.13 Plot Hasil Validasi Model 6

Gambar 4.13 menunjukkan nilai keluaran prediktor hampir berhimpitan dengan nilai yang sebenarnya. Menghilangkan variabel NO memperkecil nilai *error*. Model ini menghasilkan nilai *error* terendah ke dua dibandingkan dengan model lain yaitu sebesar 11.70%.

4.2.7 Hasil Simulasi Model 7

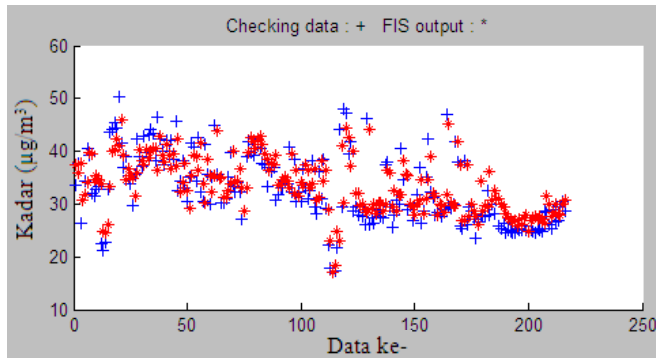
Model 7 memiliki 4 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO_2 , kelembaban, dan temperatur dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya.



Gambar 4.14 RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 7

Gambar 4.14 menunjukkan nilai RMSE terendah sebesar 5.46 terjadi pada saat *range of influence* sebesar 0.6. RMSE akan semakin besar jika nilai *range of influence* lebih dari 0.6.

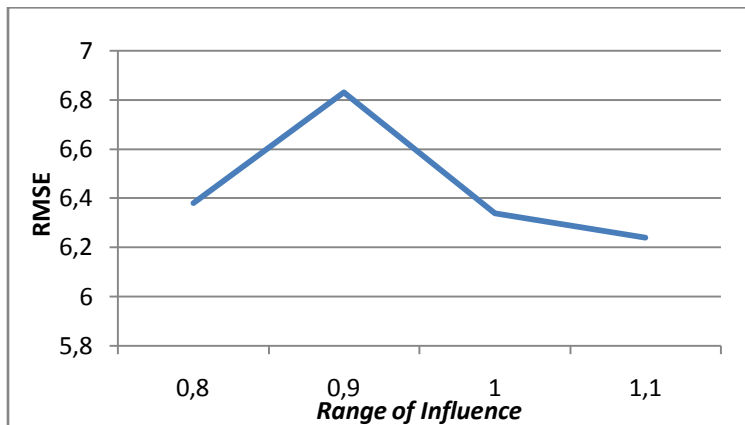
Error estimasi terbaik dari model ini sebesar 12.28%. Gambar 4.15 menunjukkan keluaran dari sistem prediktor berada sedikit diatas nilai sebenarnya.



Gambar 4.15 Plot Hasil Validasi Model 7

4.2.8 Hasil Simulasi Model 8

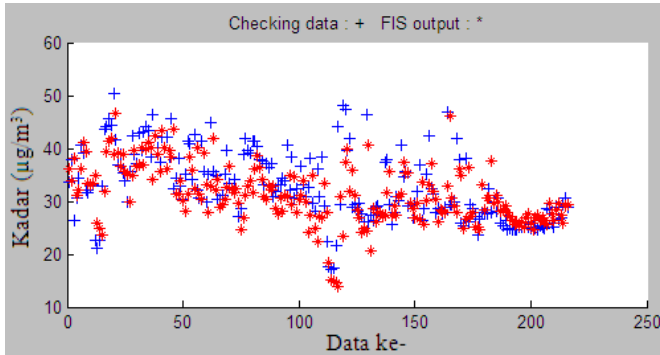
Sistem prediktor model 8 memiliki 7 variabel masukan yakni kadar NO_2 , SO_2 , kelembaban, temperatur, kecepatan angin, arah angin, dan O_3 dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya. Model ini adalah model 6 dengan menghilangkan global radiasi.



Gambar 4.16 RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 8

Gambar 4.16 menunjukkan RMSE terendah sebesar 12,77 saat nilai *range of influence* sebesar 1.1. Sistem

prediktor model ini tidak dapat bekerja jika nilai *range of influence* terus diperbesar karena jumlah minimal *rules* telah tercapai.



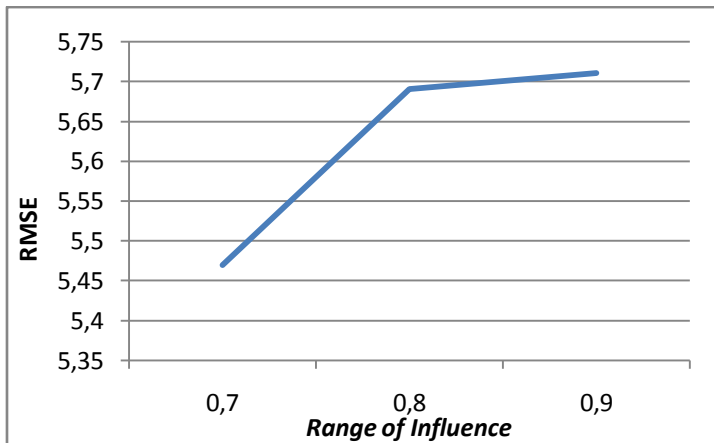
Gambar 4.17 Plot Hasil Validasi Model 8

Model ini menghasilkan nilai *error* estimasi sebesar 12.77%. Gambar 4.17 menunjukkan keluaran prediktor memiliki nilai yang lebih rendah dari pada nilai sebenarnya.

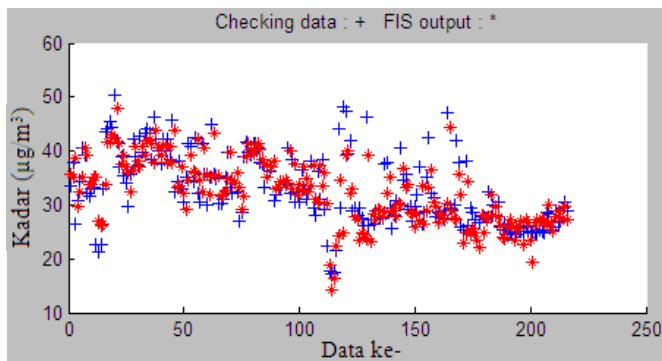
4.2.9 Hasil Simulasi Model 9

Sistem prediktor model 9 memiliki 5 variabel masukan yakni kadar O_3 , NO_2 , SO_2 , kelembaban, dan temperatur dengan 1 variabel keluaran yakni kadar O_3 keesokan harinya.

Gambar 4.18 menunjukkan RMSE terendah adalah 5.47 saat nilai *range of influence* 0.7. RMSE akan semakin besar jika *range of influence* lebih besar dari ini. Model ini adalah model terbaik yang menghasilkan *error* terendah yakni sebesar 11.62% atau nilai akurasi sebesar 88.38%. Gambar 4.19 menunjukkan nilai keluaran prediktor hampir berhimpit dengan nilai yang sebenarnya.



Gambar 4.18 RMSE Terhadap Nilai Range of Influence Prediktor Model 9



Gambar 4.19 Plot Hasil Validasi Model 9

4.3 Perbandingan Hasil Model

Setiap model menghasilkan nilai *error* yang berbeda-beda dan telah dibahas pada sub bab sebelumnya. Setiap nilai RMSE terkecil dari tiap model akan dicari nilai *error* estimasi sehingga akurasi pendekatan dari prediktor dapat diketahui. Perbandingan hasil simulai kesembilan model dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Simulasi Model

Model	Range of Influence	Error Validasi (RMSE)	Error-Est (%)
Model 1	Grid Partition	6.00	16.46
	0.5	6.47	
	0.6	6.05	
Model 2	0.7	5.76	13.41
	0.8	5.73	
	0.9	5.63	
	0.5	29.20	
	0.6	23.30	
	0.7	9.42	
Model 3	0.8	7.93	13.70
	0.9	6.22	
	1	6.08	
	1.1	6.23	
	0.8	13.07	
Model 4	0.9	11.74	15.60
	1	6.72	
	1.1	6.60	
	1.2	9.55	
	0.5	20.94	
	0.6	27.27	
Model 5	0.7	16.95	35.13
	0.8	14.51	
	0.9	14.48	
	1	12.64	
	1.1	13.41	
	1.2	13.82	
Model 6	0.8	5.64	11.70
	0.9	5.50	
	1	5.47	
	1.1	5.52	
Model 7	0.5	5.47	12.28
	0.6	5.46	

Model	Range of Influence	Error Validasi (RMSE)	Error-Est (%)
Model 8	0.7	5.51	
	0.8	5.74	
	0.8	6.38	
	0.9	6.83	
	1	6.34	
	1.1	6.24	12.77
Model 9	0.7	5.47	11.62
	0.8	5.69	
	0.9	5.71	

Dari tabel 4.1 terlihat bahwa model 9 menghasilkan *error* estimasi yang paling kecil yaitu 11.62% atau memiliki akurasi estimasi sebesar 88.38% pada nilai *range of influence* sebesar 0.7. akurasi terbaik selanjutnya diberikan oleh model 6 dengan *error* estimasi sebesar 11.70% atau akurasi memiliki akurasi estimasi sebesar 88.30% pada nilai *range of influence* sebesar 1.

4.4 Analisa Model

Metode *sub clustering* menghasilkan sistem prediktor dengan jumlah rules yang lebih sedikit dari pada menggunakan metode grid partition. Hal ini akan membuat sistem lebih ringan dan pemrosesan data menjadi lebih cepat. Model 1 tidak dapat menggunakan metode *sub clustering* karena minimal *rules* adalah 2 jika ingin menggunakan metode ini.

Apabila nilai *range of influence* diperbesar *error* akan semakin mengecil tapi pada suatu saat *error* akan kembali naik. Model 9 menghasilkan *error* estimasi yang paling kecil yaitu 11.62% atau memiliki akurasi estimasi sebesar 88.38% pada nilai *range of influence* sebesar 0.7. akurasi terbaik selanjutnya diberikan oleh model 6 dengan *error* estimasi sebesar 11.70% atau akurasi memiliki akurasi estimasi sebesar 88.30% pada nilai *range of influence* sebesar 1.

Akurasi terbaik yang dihasilkan dari penelitian ini masih sedikit di bawah akurasi pengukuran yang dilakukan oleh BLH yakni sebesar 90%. Banyaknya *missing value* pada data kemungkinan adalah penyebabnya. *Missing value treatment* metode lain selain menghapus mungkin akan meningkatkan akurasi dari sistem prediktor.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir mengenai “Prediksi Kadar Polutan Menggunakan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (Anfis) untuk Pemantauan Kualitas Udara di Kota Surabaya” adalah:

1. Model 9 yang memiliki 5 variabel masukan yaitu O_3 , NO_2 , kelembaban, temperatur, dan SO_2 menghasilkan akurasi prediksi kadar O_3 yang paling baik yaitu sebesar 88.38%
2. Parameter yang mampu meningkatkan akurasi prediksi dari sistem prediktor yang di buat adalah metode yang dipakai yakni *sub-clustering*, variabel masukan yang dipilih, nilai *range of influence* yang menentukan jumlah membership function.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan agar penelitian selanjutnya menghasilkan akurasi yang lebih baik adalah:

1. Melakukan optimasi nilai *range of influence*.
2. Melakukan *missing value and outliers treatment* dengan metode selain membuang kondisi tersebut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Arifien, N. F. (2012). Prediksi Kadar Polutan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk Pemantauan.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. (1998). *Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.
- BLH. (2013). *Buku Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Surabaya 2013*. Surabaya, Indonesia.
- Cousineau, D. (2010). Outlier Detection and Treatment: A Review. *International Journal of Psychological Research* , 3 No.1, 58-67.
- Halawa, E. (2015). Prediksi Konsentrasi Karbon Monoksida Menggunakan Metode Artificial Neural Network. *Prosiding SKF 2015* , 140-144.
- Hikmah, N. (2012). Prediksi Konsentrasi Polutan Ozon Atmosfer Surabaya dengan Metode Logika Fuzzy untuk Mendukung Monitoring Kualitas Udara. *Jurnal Teknik POMITS* , 1, 1-6.
- Hiremath, S. M. (2012). ANFIS with Subtractive Clustering-Based Extended Data Rate Prediction for Cognitive Radio.
- J.Jang, C. Sun, and, E. Mizutani. (1997). *Neuro-fuzzy and Soft Computing*. Amerika: Prentice-Hall. Inc.
- Kin Seng Lei and Feng Wan. (2012). Applying Ensemble Learning Techniques to ANFIS for Air Pollution Index Prediction in Macau. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg* , 509-516.
- Mayer, H. (1999). Air pollution in cities. *Atmospheric Environment* 33 , 4029-4037.
- Rafati, L. (2014, October). Modelling the Formation of Ozone in the Air by Using Adaptive Neuro-Fuzzy

- Inference System (ANFIS) (Case Study: City of Yazd, Iran). *Desert* .
- Razeghi, A. (2014, September). Comparison of RNN and ANFIS in Concentrations of Carbon Monoxide and Fine Particles Forecasting in Tehran.
- Souza, A. d. (2014). Development of a Short-Term Ozone Prediction Tool in Campo Grande-MS-Brazil Area Based on Meteorological Variables. *Open Journal of Air Pollution* , 42-51.
- SwarupaTripathy, S. (2013). Comparison of Statistical Methods for Outlier Detection in Proficiency Testing Data on Analysis of Lead in Aqueous Solution. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics* , 233-242.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control* .

LAMPIRAN

Tabel berikut adalah hasil prediksi kadar O_3 dari sistem prediktor dibandingkan dengan nilai pengukuran Badan Lingkungan Hidup.

1. Model 1

No	O_3 (BLH) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	O_3 (ANFIS) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Error-Est %
1	33.52	36.98	10.33
2	37.82	36.34	3.92
3	26.40	39.29	48.79
4	30.67	31.28	2.00
5	34.28	34.30	0.06
6	40.62	36.88	9.21
7	39.16	41.05	4.82
8	32.04	40.14	25.28
9	31.54	35.29	11.89
10	32.93	34.93	6.09
11	33.20	35.92	8.21
12	22.51	36.11	60.43
13	21.23	28.70	35.23
14	22.75	27.91	22.72
15	32.86	28.85	12.20
16	43.58	35.88	17.68
17	44.16	42.74	3.20
18	45.55	43.06	5.47
19	44.43	43.78	1.47
20	50.44	43.20	14.35
21	41.61	46.05	10.65
22	36.99	41.63	12.57
23	38.88	38.73	0.39

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
24	35.34	39.97	13.08
25	33.93	37.62	10.86
26	29.83	36.63	22.81
27	35.73	33.70	5.66
28	42.26	37.88	10.37
29	38.93	42.01	7.91
30	37.23	40.00	7.44
31	42.76	38.89	9.04
32	39.73	42.29	6.45
33	43.18	40.50	6.21
34	44.05	42.52	3.46
35	43.33	43.00	0.77
36	38.33	42.61	11.15
37	46.35	39.62	14.53
38	42.31	44.18	4.41
39	40.05	42.04	4.95
40	37.47	40.70	8.61
41	42.18	39.05	7.42
42	40.10	41.96	4.64
43	42.08	40.73	3.21
44	38.43	41.90	9.03
45	45.65	39.68	13.08
46	32.46	43.83	35.02
47	34.34	35.59	3.66
48	38.24	36.92	3.47
49	32.95	39.56	20.06
50	30.47	35.94	17.95
51	35.07	34.16	2.58
52	41.49	37.43	9.79

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
53	40.90	41.56	1.60
54	34.24	41.22	20.37
55	42.59	36.85	13.49
56	32.23	42.20	30.93
57	30.51	35.42	16.12
58	41.37	34.19	17.36
59	35.63	41.49	16.46
60	29.96	37.81	26.23
61	35.07	33.79	3.63
62	44.81	37.43	16.48
63	35.60	43.40	21.92
64	34.99	37.79	8.02
65	30.27	37.37	23.45
66	30.31	34.02	12.23
67	31.02	34.05	9.79
68	35.15	34.56	1.70
69	39.66	37.48	5.48
70	33.36	40.46	21.28
71	32.18	36.23	12.58
72	34.07	35.39	3.88
73	32.39	36.73	13.40
74	27.04	35.54	31.45
75	28.61	31.72	10.87
76	38.88	32.83	15.56
77	41.77	39.97	4.31
78	39.71	41.72	5.08
79	39.23	40.48	3.21
80	41.34	40.19	2.79
81	41.28	41.47	0.45

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
82	40.48	41.44	2.36
83	37.82	40.96	8.30
84	37.51	39.28	4.73
85	33.23	39.08	17.61
86	37.02	36.14	2.38
87	36.28	38.75	6.81
88	37.03	38.26	3.31
89	30.82	38.76	25.77
90	31.76	34.41	8.37
91	33.19	35.09	5.73
92	33.10	36.11	9.07
93	34.43	36.05	4.71
94	33.75	36.98	9.56
95	40.69	36.51	10.28
96	32.22	41.09	27.52
97	38.35	35.42	7.66
98	30.57	39.63	29.62
99	32.33	34.24	5.90
100	30.49	35.50	16.42
101	36.61	34.18	6.64
102	33.05	38.48	16.44
103	30.94	36.01	16.37
104	32.53	34.50	6.05
105	38.24	35.64	6.79
106	29.55	39.55	33.86
107	28.08	33.50	19.29
108	36.18	32.46	10.29
109	30.93	38.19	23.48
110	38.38	34.49	10.13

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
111	29.18	39.65	35.89
112	22.32	33.24	48.94
113	17.74	28.58	61.11
114	17.09	25.97	51.97
115	17.36	25.63	47.67
116	21.65	25.77	19.05
117	44.17	28.17	36.22
118	29.42	43.06	46.34
119	48.04	33.41	30.45
120	47.31	44.98	4.92
121	39.58	44.64	12.79
122	41.88	40.41	3.53
123	28.75	41.79	45.34
124	29.49	32.93	11.68
125	28.01	33.46	19.44
126	29.52	32.41	9.79
127	27.57	33.48	21.45
128	26.05	32.09	23.19
129	46.29	31.04	32.95
130	26.20	44.15	68.52
131	27.34	31.14	13.88
132	26.48	31.94	20.60
133	28.90	31.34	8.41
134	29.02	33.04	13.85
135	27.61	33.13	19.97
136	27.50	32.13	16.83
137	37.49	32.05	14.52
138	37.85	39.07	3.22
139	29.46	39.30	33.40

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
140	25.66	33.44	30.30
141	28.00	30.77	9.92
142	30.77	32.40	5.30
143	30.05	34.38	14.39
144	40.52	33.86	16.43
145	34.70	40.98	18.12
146	35.62	37.17	4.34
147	29.04	37.81	30.20
148	29.62	33.14	11.90
149	26.97	33.55	24.42
150	29.58	31.67	7.06
151	31.90	33.53	5.09
152	36.93	35.19	4.71
153	26.37	38.70	46.73
154	28.62	31.26	9.21
155	35.02	32.84	6.21
156	42.36	37.39	11.73
157	32.26	42.06	30.38
158	31.27	35.45	13.36
159	27.83	34.74	24.81
160	28.54	32.28	13.09
161	28.35	32.78	15.65
162	27.55	32.65	18.51
163	28.93	32.08	10.90
164	46.96	33.06	29.61
165	29.46	44.47	50.99
166	29.26	33.44	14.26
167	29.96	33.30	11.13
168	41.88	33.80	19.30

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
169	37.95	41.79	10.12
170	25.96	39.37	51.62
171	25.27	30.98	22.58
172	38.23	30.51	20.21
173	26.16	39.55	51.20
174	29.44	31.11	5.67
175	28.73	33.43	16.34
176	27.16	32.92	21.18
177	23.53	31.81	35.19
178	26.69	29.35	9.99
179	27.85	31.48	13.01
180	27.86	32.30	15.94
181	27.64	32.30	16.86
182	32.44	32.14	0.91
183	27.89	35.57	27.57
184	29.86	32.32	8.22
185	28.09	33.73	20.07
186	30.64	32.46	5.96
187	25.95	34.28	32.13
188	25.39	30.97	21.94
189	26.36	30.59	16.05
190	24.53	31.25	27.39
191	24.97	30.01	20.16
192	24.75	30.31	22.47
193	24.55	30.15	22.85
194	24.52	30.02	22.45
195	25.22	30.00	18.97
196	25.21	30.47	20.88
197	25.14	30.46	21.15

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
198	25.94	30.42	17.27
199	25.02	30.96	23.77
200	24.88	30.33	21.92
201	25.13	30.24	20.36
202	24.77	30.41	22.75
203	24.68	30.17	22.28
204	25.42	30.11	18.44
205	25.06	30.61	22.13
206	24.90	30.37	21.95
207	28.60	30.26	5.81
208	28.30	32.82	15.98
209	25.99	32.61	25.46
210	25.24	31.00	22.81
211	28.99	30.49	5.18
212	26.59	33.10	24.46
213	26.95	31.41	16.57
214	29.38	31.66	7.74
215	30.57	33.39	9.21
216	28.76	34.24	19.03
Error Rata-Rata			16.46

2. Model 2

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
1	33.52	30.48	9.08
2	37.82	30.96	18.15
3	26.40	35.73	35.31
4	30.67	35.89	17.02
5	34.28	40.97	19.50

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
6	40.62	40.65	0.06
7	39.16	40.54	3.53
8	32.04	41.33	28.97
9	31.54	36.66	16.24
10	32.93	34.11	3.59
11	33.20	36.59	10.23
12	22.51	40.70	80.82
13	21.23	31.48	48.32
14	22.75	31.53	38.60
15	32.86	26.53	19.26
16	43.58	36.11	17.14
17	44.16	45.08	2.07
18	45.55	45.13	0.92
19	44.43	45.13	1.57
20	50.44	41.89	16.94
21	41.61	45.16	8.52
22	36.99	39.98	8.10
23	38.88	39.72	2.16
24	35.34	41.45	17.28
25	33.93	37.57	10.71
26	29.83	36.10	21.03
27	35.73	34.26	4.09
28	42.26	37.51	11.25
29	38.93	39.78	2.19
30	37.23	39.85	7.05
31	42.76	40.71	4.80
32	39.73	43.32	9.05
33	43.18	42.53	1.50
34	44.05	43.62	0.98

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
35	43.33	42.40	2.14
36	38.33	40.84	6.53
37	46.35	38.99	15.88
38	42.31	43.01	1.66
39	40.05	41.11	2.64
40	37.47	39.98	6.70
41	42.18	44.20	4.77
42	40.10	39.78	0.81
43	42.08	37.51	10.87
44	38.43	40.42	5.16
45	45.65	40.40	11.51
46	32.46	43.06	32.64
47	34.34	35.72	4.03
48	38.24	36.86	3.62
49	32.95	37.64	14.24
50	30.47	40.00	31.29
51	35.07	39.19	11.76
52	41.49	38.52	7.15
53	40.90	40.40	1.23
54	34.24	40.53	18.37
55	42.59	36.69	13.86
56	32.23	43.50	34.96
57	30.51	34.37	12.66
58	41.37	32.40	21.69
59	35.63	40.68	14.19
60	29.96	37.14	23.99
61	35.07	33.86	3.44
62	44.81	35.76	20.21
63	35.60	44.82	25.92

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
64	34.99	37.05	5.90
65	30.27	36.33	20.02
66	30.31	33.23	9.63
67	31.02	32.54	4.91
68	35.15	34.90	0.71
69	39.66	36.43	8.13
70	33.36	40.39	21.08
71	32.18	35.59	10.61
72	34.07	34.91	2.47
73	32.39	36.32	12.14
74	27.04	33.90	25.37
75	28.61	31.89	11.46
76	38.88	32.37	16.75
77	41.77	36.01	13.79
78	39.71	37.74	4.94
79	39.23	37.05	5.55
80	41.34	37.17	10.09
81	41.28	41.31	0.05
82	40.48	43.37	7.13
83	37.82	40.04	5.85
84	37.51	38.46	2.55
85	33.23	35.38	6.47
86	37.02	35.50	4.09
87	36.28	36.65	1.01
88	37.03	36.83	0.56
89	30.82	40.17	30.34
90	31.76	34.84	9.70
91	33.19	35.02	5.53
92	33.10	35.24	6.45

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
93	34.43	34.00	1.24
94	33.75	35.90	6.35
95	40.69	34.12	16.13
96	32.22	40.38	25.33
97	38.35	33.17	13.52
98	30.57	37.25	21.85
99	32.33	33.70	4.22
100	30.49	34.34	12.61
101	36.61	33.51	8.48
102	33.05	34.66	4.87
103	30.94	33.82	9.28
104	32.53	29.90	8.11
105	38.24	31.76	16.94
106	29.55	36.29	22.82
107	28.08	31.62	12.58
108	36.18	29.26	19.14
109	30.93	31.70	2.49
110	38.38	31.40	18.20
111	29.18	37.53	28.62
112	22.32	29.33	31.44
113	17.74	23.60	33.00
114	17.09	22.13	29.55
115	17.36	20.50	18.08
116	21.65	21.59	0.28
117	44.17	23.33	47.17
118	29.42	42.28	43.70
119	48.04	29.62	38.35
120	47.31	45.90	2.97
121	39.58	42.65	7.76

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
122	41.88	37.12	11.38
123	28.75	41.12	43.01
124	29.49	31.46	6.68
125	28.01	32.85	17.27
126	29.52	31.38	6.31
127	27.57	31.73	15.11
128	26.05	29.49	13.19
129	46.29	32.12	30.61
130	26.20	44.41	69.50
131	27.34	30.26	10.68
132	26.48	29.31	10.69
133	28.90	28.72	0.62
134	29.02	31.15	7.33
135	27.61	31.62	14.50
136	27.50	31.23	13.57
137	37.49	29.48	21.35
138	37.85	37.25	1.58
139	29.46	36.37	23.45
140	25.66	30.87	20.29
141	28.00	32.21	15.05
142	30.77	32.12	4.38
143	30.05	35.46	17.98
144	40.52	31.79	21.54
145	34.70	39.08	12.62
146	35.62	35.34	0.79
147	29.04	34.72	19.57
148	29.62	31.53	6.47
149	26.97	30.15	11.83
150	29.58	28.37	4.10

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
151	31.90	29.31	8.12
152	36.93	33.28	9.88
153	26.37	36.16	37.13
154	28.62	28.71	0.31
155	35.02	32.43	7.38
156	42.36	34.28	19.07
157	32.26	39.40	22.13
158	31.27	27.61	11.69
159	27.83	33.64	20.86
160	28.54	31.63	10.80
161	28.35	32.12	13.32
162	27.55	32.19	16.84
163	28.93	29.21	0.98
164	46.96	31.39	33.16
165	29.46	43.65	48.19
166	29.26	32.84	12.21
167	29.96	31.71	5.81
168	41.88	32.62	22.12
169	37.95	40.56	6.88
170	25.96	34.64	33.43
171	25.27	26.71	5.69
172	38.23	24.70	35.40
173	26.16	33.82	29.27
174	29.44	26.12	11.29
175	28.73	33.16	15.39
176	27.16	31.61	16.38
177	23.53	29.20	24.10
178	26.69	23.81	10.79
179	27.85	29.30	5.20

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
180	27.86	28.17	1.13
181	27.64	26.72	3.31
182	32.44	25.96	19.97
183	27.89	32.12	15.18
184	29.86	26.65	10.77
185	28.09	28.43	1.22
186	30.64	27.00	11.87
187	25.95	33.07	27.46
188	25.39	31.87	25.51
189	26.36	28.22	7.04
190	24.53	25.50	3.94
191	24.97	27.06	8.36
192	24.75	27.19	9.87
193	24.55	25.94	5.67
194	24.52	26.60	8.52
195	25.22	27.80	10.24
196	25.21	25.97	3.03
197	25.14	25.16	0.05
198	25.94	27.35	5.43
199	25.02	26.47	5.81
200	24.88	26.02	4.57
201	25.13	27.37	8.90
202	24.77	27.48	10.93
203	24.68	29.38	19.07
204	25.42	26.50	4.24
205	25.06	25.04	0.08
206	24.90	28.87	15.94
207	28.60	28.02	2.00
208	28.30	29.16	3.03

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
209	25.99	29.98	15.34
210	25.24	27.79	10.10
211	28.99	27.03	6.74
212	26.59	28.41	6.82
213	26.95	30.58	13.47
214	29.38	28.88	1.73
215	30.57	27.72	9.32
216	28.76	30.52	6.10
Error Rata-Rata			13.41

3. Model 3

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
1	33.52	34.78	3.75
2	37.82	35.92	5.03
3	26.40	37.90	43.53
4	30.67	34.95	13.98
5	34.28	41.18	20.12
6	40.62	40.52	0.25
7	39.16	41.43	5.80
8	32.04	39.19	22.29
9	31.54	35.90	13.81
10	32.93	34.22	3.93
11	33.20	36.51	9.99
12	22.51	41.57	84.66
13	21.23	31.71	49.42
14	22.75	32.56	43.14
15	32.86	25.53	22.31
16	43.58	37.38	14.24

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
17	44.16	45.22	2.40
18	45.55	45.37	0.40
19	44.43	44.64	0.47
20	50.44	43.56	13.63
21	41.61	45.73	9.89
22	36.99	38.93	5.25
23	38.88	39.28	1.02
24	35.34	41.21	16.58
25	33.93	38.57	13.66
26	29.83	37.46	25.57
27	35.73	34.51	3.41
28	42.26	37.56	11.13
29	38.93	40.53	4.10
30	37.23	40.52	8.85
31	42.76	41.10	3.89
32	39.73	42.38	6.67
33	43.18	41.67	3.50
34	44.05	43.40	1.48
35	43.33	42.66	1.56
36	38.33	41.51	8.28
37	46.35	38.45	17.04
38	42.31	43.18	2.07
39	40.05	41.02	2.41
40	37.47	41.69	11.25
41	42.18	47.71	13.10
42	40.10	41.16	2.64
43	42.08	35.28	16.16
44	38.43	40.84	6.27
45	45.65	41.33	9.46

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
46	32.46	44.22	36.22
47	34.34	34.74	1.19
48	38.24	34.12	10.78
49	32.95	34.69	5.29
50	30.47	38.05	24.86
51	35.07	35.71	1.83
52	41.49	35.82	13.66
53	40.90	38.54	5.79
54	34.24	36.51	6.63
55	42.59	36.27	14.84
56	32.23	44.42	37.82
57	30.51	33.63	10.26
58	41.37	32.19	22.20
59	35.63	39.38	10.53
60	29.96	35.41	18.19
61	35.07	32.96	6.01
62	44.81	34.61	22.76
63	35.60	44.59	25.25
64	34.99	35.07	0.24
65	30.27	35.26	16.48
66	30.31	31.16	2.80
67	31.02	30.81	0.65
68	35.15	32.89	6.44
69	39.66	34.39	13.28
70	33.36	39.19	17.48
71	32.18	34.34	6.71
72	34.07	34.13	0.19
73	32.39	35.66	10.11
74	27.04	31.51	16.54

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
75	28.61	29.00	1.38
76	38.88	32.56	16.26
77	41.77	36.99	11.44
78	39.71	39.95	0.62
79	39.23	38.51	1.83
80	41.34	37.36	9.61
81	41.28	40.89	0.96
82	40.48	43.80	8.19
83	37.82	39.39	4.15
84	37.51	38.34	2.23
85	33.23	35.51	6.86
86	37.02	35.19	4.93
87	36.28	34.99	3.56
88	37.03	34.93	5.69
89	30.82	38.96	26.41
90	31.76	33.25	4.71
91	33.19	33.50	0.95
92	33.10	34.51	4.25
93	34.43	33.45	2.83
94	33.75	33.50	0.76
95	40.69	32.43	20.29
96	32.22	38.04	18.07
97	38.35	30.66	20.05
98	30.57	35.35	15.63
99	32.33	31.55	2.40
100	30.49	29.60	2.93
101	36.61	33.36	8.88
102	33.05	34.14	3.31
103	30.94	35.41	14.42

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
104	32.53	31.49	3.21
105	38.24	32.24	15.69
106	29.55	34.67	17.33
107	28.08	30.49	8.57
108	36.18	30.23	16.45
109	30.93	35.21	13.85
110	38.38	31.34	18.33
111	29.18	33.86	16.04
112	22.32	26.72	19.76
113	17.74	18.39	3.69
114	17.09	14.86	13.01
115	17.36	15.70	9.52
116	21.65	18.96	12.39
117	44.17	18.84	57.34
118	29.42	30.47	3.55
119	48.04	19.06	60.32
120	47.31	32.70	30.88
121	39.58	33.01	16.60
122	41.88	26.81	36.00
123	28.75	32.26	12.20
124	29.49	29.47	0.08
125	28.01	26.92	3.91
126	29.52	29.52	0.00
127	27.57	23.83	13.56
128	26.05	22.34	14.26
129	46.29	26.69	42.35
130	26.20	35.21	34.41
131	27.34	19.76	27.74
132	26.48	28.45	7.42

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
133	28.90	28.08	2.85
134	29.02	26.89	7.35
135	27.61	28.96	4.87
136	27.50	31.00	12.73
137	37.49	28.53	23.89
138	37.85	29.99	20.77
139	29.46	37.94	28.78
140	25.66	29.60	15.35
141	28.00	34.25	22.34
142	30.77	32.61	5.98
143	30.05	34.13	13.56
144	40.52	33.37	17.64
145	34.70	36.13	4.13
146	35.62	37.15	4.28
147	29.04	32.85	13.13
148	29.62	33.34	12.58
149	26.97	30.72	13.94
150	29.58	30.40	2.76
151	31.90	32.84	2.94
152	36.93	28.03	24.10
153	26.37	34.23	29.81
154	28.62	25.32	11.54
155	35.02	31.44	10.21
156	42.36	31.46	25.73
157	32.26	34.76	7.73
158	31.27	36.98	18.25
159	27.83	34.96	25.62
160	28.54	30.55	7.02
161	28.35	31.16	9.91

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
162	27.55	30.35	10.16
163	28.93	27.37	5.37
164	46.96	33.36	28.96
165	29.46	42.24	43.41
166	29.26	35.01	19.63
167	29.96	32.33	7.88
168	41.88	30.68	26.74
169	37.95	35.11	7.50
170	25.96	31.34	20.70
171	25.27	24.83	1.75
172	38.23	29.43	23.04
173	26.16	37.46	43.22
174	29.44	29.27	0.58
175	28.73	31.52	9.72
176	27.16	27.80	2.35
177	23.53	26.82	13.96
178	26.69	25.20	5.60
179	27.85	39.69	42.50
180	27.86	32.07	15.14
181	27.64	34.79	25.89
182	32.44	33.48	3.22
183	27.89	43.44	55.78
184	29.86	30.63	2.56
185	28.09	30.41	8.27
186	30.64	29.67	3.16
187	25.95	30.78	18.64
188	25.39	30.29	19.29
189	26.36	33.43	26.80
190	24.53	30.28	23.42

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
191	24.97	28.96	15.97
192	24.75	28.11	13.61
193	24.55	28.69	16.88
194	24.52	29.61	20.79
195	25.22	28.73	13.92
196	25.21	29.38	16.57
197	25.14	27.00	7.38
198	25.94	28.81	11.06
199	25.02	30.45	21.71
200	24.88	29.80	19.76
201	25.13	27.63	9.94
202	24.77	30.09	21.48
203	24.68	30.23	22.52
204	25.42	29.37	15.55
205	25.06	29.80	18.93
206	24.90	28.57	14.73
207	28.60	28.21	1.36
208	28.30	30.57	8.03
209	25.99	26.54	2.10
210	25.24	28.43	12.63
211	28.99	30.92	6.67
212	26.59	33.30	25.20
213	26.95	30.85	14.50
214	29.38	28.35	3.51
215	30.57	26.91	11.98
216	28.76	29.34	1.99
Error Rata-Rata			13.70

4. Model 4

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
1	33.52	37.46	11.74
2	37.82	38.36	1.41
3	26.40	38.82	47.05
4	30.67	34.54	12.62
5	34.28	41.59	21.30
6	40.62	39.90	1.78
7	39.16	41.70	6.48
8	32.04	38.64	20.59
9	31.54	36.42	15.47
10	32.93	35.15	6.75
11	33.20	36.33	9.44
12	22.51	42.66	89.51
13	21.23	32.38	52.57
14	22.75	33.79	48.55
15	32.86	25.30	23.01
16	43.58	37.70	13.49
17	44.16	45.92	3.98
18	45.55	45.77	0.49
19	44.43	43.70	1.66
20	50.44	43.17	14.40
21	41.61	46.61	12.00
22	36.99	38.75	4.78
23	38.88	39.98	2.81
24	35.34	42.00	18.82
25	33.93	38.71	14.08
26	29.83	37.40	25.37
27	35.73	34.64	3.04
28	42.26	37.14	12.11

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
29	38.93	39.40	1.22
30	37.23	40.11	7.73
31	42.76	41.19	3.67
32	39.73	42.51	7.00
33	43.18	41.92	2.91
34	44.05	43.82	0.51
35	43.33	42.29	2.41
36	38.33	40.59	5.89
37	46.35	38.47	17.01
38	42.31	43.50	2.82
39	40.05	40.58	1.31
40	37.47	41.69	11.26
41	42.18	47.53	12.67
42	40.10	41.16	2.63
43	42.08	34.93	16.99
44	38.43	40.93	6.50
45	45.65	41.66	8.74
46	32.46	44.37	36.68
47	34.34	34.88	1.59
48	38.24	34.17	10.65
49	32.95	33.97	3.09
50	30.47	38.64	26.81
51	35.07	36.29	3.48
52	41.49	35.59	14.21
53	40.90	38.49	5.90
54	34.24	36.48	6.53
55	42.59	35.37	16.96
56	32.23	44.87	39.22
57	30.51	33.09	8.46

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
58	41.37	31.58	23.66
59	35.63	39.39	10.56
60	29.96	34.99	16.80
61	35.07	32.41	7.58
62	44.81	34.21	23.65
63	35.60	43.89	23.31
64	34.99	34.57	1.20
65	30.27	35.07	15.83
66	30.31	30.82	1.66
67	31.02	30.35	2.16
68	35.15	32.60	7.26
69	39.66	33.79	14.80
70	33.36	38.25	14.67
71	32.18	33.77	4.94
72	34.07	33.31	2.21
73	32.39	34.37	6.13
74	27.04	31.00	14.67
75	28.61	28.49	0.41
76	38.88	31.13	19.93
77	41.77	34.84	16.59
78	39.71	37.30	6.05
79	39.23	35.75	8.87
80	41.34	34.57	16.38
81	41.28	38.53	6.67
82	40.48	41.89	3.46
83	37.82	37.69	0.35
84	37.51	36.39	2.98
85	33.23	33.20	0.10
86	37.02	33.41	9.74

No	O ₃ (BLH) µg/m ³	O ₃ (ANFIS) µg/m ³	Error-Est %
87	36.28	33.98	6.33
88	37.03	33.60	9.27
89	30.82	36.89	19.71
90	31.76	32.36	1.90
91	33.19	32.19	3.01
92	33.10	33.47	1.12
93	34.43	32.17	6.55
94	33.75	33.21	1.62
95	40.69	31.76	21.95
96	32.22	36.26	12.55
97	38.35	29.78	22.35
98	30.57	34.61	13.21
99	32.33	30.98	4.19
100	30.49	28.83	5.46
101	36.61	32.67	10.77
102	33.05	32.86	0.56
103	30.94	32.63	5.46
104	32.53	30.21	7.15
105	38.24	31.28	18.21
106	29.55	34.29	16.04
107	28.08	29.75	5.93
108	36.18	29.02	19.79
109	30.93	31.98	3.40
110	38.38	28.26	26.38
111	29.18	33.61	15.21
112	22.32	26.37	18.19
113	17.74	17.44	1.68
114	17.09	14.86	13.03
115	17.36	14.79	14.82

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
116	21.65	15.99	26.14
117	44.17	16.83	61.90
118	29.42	29.98	1.89
119	48.04	19.47	59.47
120	47.31	32.04	32.28
121	39.58	33.74	14.74
122	41.88	27.40	34.58
123	28.75	35.59	23.76
124	29.49	33.81	14.65
125	28.01	27.77	0.86
126	29.52	31.08	5.29
127	27.57	24.46	11.26
128	26.05	23.49	9.85
129	46.29	27.04	41.59
130	26.20	36.94	41.01
131	27.34	19.29	29.45
132	26.48	29.86	12.76
133	28.90	28.35	1.93
134	29.02	27.25	6.12
135	27.61	29.20	5.76
136	27.50	31.38	14.10
137	37.49	30.10	19.70
138	37.85	31.10	17.84
139	29.46	39.34	33.54
140	25.66	30.36	18.31
141	28.00	35.07	25.28
142	30.77	33.67	9.44
143	30.05	35.45	17.97
144	40.52	36.52	9.86

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
145	34.70	37.77	8.85
146	35.62	41.64	16.89
147	29.04	35.36	21.76
148	29.62	34.69	17.13
149	26.97	31.76	17.79
150	29.58	31.50	6.46
151	31.90	34.09	6.84
152	36.93	29.05	21.33
153	26.37	35.56	34.86
154	28.62	26.10	8.82
155	35.02	32.39	7.50
156	42.36	32.12	24.19
157	32.26	36.85	14.21
158	31.27	37.72	20.62
159	27.83	35.00	25.77
160	28.54	30.97	8.49
161	28.35	31.38	10.69
162	27.55	30.58	11.01
163	28.93	28.16	2.66
164	46.96	37.62	19.89
165	29.46	44.32	50.46
166	29.26	36.22	23.76
167	29.96	33.38	11.40
168	41.88	31.81	24.05
169	37.95	35.77	5.75
170	25.96	33.63	29.52
171	25.27	26.07	3.15
172	38.23	30.46	20.34
173	26.16	40.12	53.37

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
174	29.44	31.65	7.51
175	28.73	32.48	13.04
176	27.16	28.93	6.49
177	23.53	27.19	15.53
178	26.69	27.19	1.88
179	27.85	42.15	51.32
180	27.86	32.81	17.78
181	27.64	36.64	32.56
182	32.44	34.75	7.12
183	27.89	49.46	77.37
184	29.86	33.82	13.25
185	28.09	33.40	18.90
186	30.64	32.90	7.40
187	25.95	30.52	17.64
188	25.39	32.04	26.18
189	26.36	34.08	29.30
190	24.53	32.02	30.51
191	24.97	28.82	15.39
192	24.75	28.95	16.97
193	24.55	29.18	18.87
194	24.52	29.52	20.41
195	25.22	29.15	15.60
196	25.21	29.65	17.65
197	25.14	27.80	10.57
198	25.94	30.01	15.68
199	25.02	32.58	30.24
200	24.88	30.94	24.34
201	25.13	30.14	19.95
202	24.77	32.86	32.62

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
203	24.68	32.36	31.15
204	25.42	32.00	25.89
205	25.06	32.50	29.69
206	24.90	29.50	18.47
207	28.60	28.59	0.01
208	28.30	32.42	14.56
209	25.99	24.61	5.33
210	25.24	31.01	22.86
211	28.99	34.28	18.25
212	26.59	37.43	40.75
213	26.95	33.12	22.89
214	29.38	27.39	6.78
215	30.57	26.73	12.57
216	28.76	31.91	10.95
			15.60

5. Model 5

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
1	33.52	48.36	44.28
2	37.82	58.13	53.67

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
3	26.40	48.36	83.16
4	30.67	37.35	21.79
5	34.28	42.57	24.16
6	40.62	48.05	18.28
7	39.16	44.31	13.16
8	32.04	35.40	10.48
9	31.54	45.68	44.81
10	32.93	48.69	47.88
11	33.20	40.59	22.28
12	22.51	43.48	93.14
13	21.23	41.17	93.98
14	22.75	41.34	81.74
15	32.86	37.26	13.40
16	43.58	35.01	19.67
17	44.16	37.65	14.74
18	45.55	43.63	4.21
19	44.43	36.29	18.32
20	50.44	33.85	32.90
21	41.61	53.00	27.36
22	36.99	39.86	7.77
23	38.88	40.17	3.30
24	35.34	41.46	17.31
25	33.93	39.19	15.48
26	29.83	37.96	27.25
27	35.73	36.87	3.19
28	42.26	37.60	11.02
29	38.93	35.98	7.58
30	37.23	34.63	6.99
31	42.76	31.32	26.74

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
32	39.73	37.94	4.49
33	43.18	35.57	17.62
34	44.05	41.85	5.00
35	43.33	39.79	8.18
36	38.33	38.42	0.22
37	46.35	35.33	23.77
38	42.31	46.41	9.69
39	40.05	39.48	1.42
40	37.47	33.86	9.64
41	42.18	49.05	16.27
42	40.10	42.08	4.92
43	42.08	39.52	6.09
44	38.43	45.20	17.61
45	45.65	45.12	1.17
46	32.46	46.77	44.08
47	34.34	38.45	11.98
48	38.24	37.13	2.90
49	32.95	36.11	9.59
50	30.47	36.19	18.78
51	35.07	36.36	3.68
52	41.49	36.07	13.06
53	40.90	38.85	5.03
54	34.24	36.84	7.59
55	42.59	36.83	13.53
56	32.23	51.31	59.21
57	30.51	42.97	40.87
58	41.37	42.30	2.25
59	35.63	42.65	19.69
60	29.96	38.11	27.21

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
61	35.07	36.69	4.62
62	44.81	37.35	16.65
63	35.60	40.60	14.07
64	34.99	37.85	8.17
65	30.27	39.99	32.09
66	30.31	38.65	27.50
67	31.02	41.09	32.48
68	35.15	39.31	11.84
69	39.66	37.98	4.24
70	33.36	41.90	25.62
71	32.18	39.96	24.19
72	34.07	39.91	17.14
73	32.39	38.71	19.50
74	27.04	42.30	56.47
75	28.61	37.33	30.48
76	38.88	34.15	12.17
77	41.77	30.75	26.38
78	39.71	29.75	25.08
79	39.23	31.08	20.76
80	41.34	30.32	26.65
81	41.28	33.82	18.07
82	40.48	35.32	12.76
83	37.82	35.60	5.86
84	37.51	34.05	9.22
85	33.23	31.13	6.31
86	37.02	34.46	6.91
87	36.28	35.70	1.59
88	37.03	35.77	3.40
89	30.82	35.76	16.02

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
90	31.76	37.93	19.43
91	33.19	34.81	4.90
92	33.10	36.92	11.54
93	34.43	33.13	3.77
94	33.75	37.27	10.41
95	40.69	39.27	3.49
96	32.22	36.99	14.82
97	38.35	36.84	3.95
98	30.57	37.70	23.30
99	32.33	35.96	11.23
100	30.49	38.77	27.14
101	36.61	37.47	2.34
102	33.05	35.72	8.08
103	30.94	30.10	2.73
104	32.53	29.15	10.39
105	38.24	31.76	16.95
106	29.55	38.05	28.78
107	28.08	30.82	9.74
108	36.18	29.05	19.71
109	30.93	27.41	11.39
110	38.38	30.32	21.01
111	29.18	33.21	13.82
112	22.32	35.60	59.52
113	17.74	29.79	67.92
114	17.09	29.83	74.60
115	17.36	30.46	75.50
116	21.65	29.48	36.18
117	44.17	26.61	39.75
118	29.42	37.75	28.29

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
119	48.04	38.68	19.48
120	47.31	42.62	9.91
121	39.58	42.40	7.13
122	41.88	38.81	7.34
123	28.75	37.42	30.14
124	29.49	41.89	42.06
125	28.01	36.29	29.55
126	29.52	33.98	15.11
127	27.57	32.96	19.57
128	26.05	36.85	41.45
129	46.29	38.35	17.15
130	26.20	40.30	53.84
131	27.34	38.96	42.47
132	26.48	42.16	59.22
133	28.90	37.81	30.81
134	29.02	39.72	36.86
135	27.61	36.35	31.64
136	27.50	38.87	41.35
137	37.49	44.74	19.34
138	37.85	35.83	5.32
139	29.46	44.08	49.62
140	25.66	40.89	59.31
141	28.00	43.27	54.55
142	30.77	41.97	36.42
143	30.05	44.72	48.82
144	40.52	46.82	15.55
145	34.70	42.24	21.75
146	35.62	46.92	31.71
147	29.04	44.62	53.64

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
148	29.62	43.36	46.41
149	26.97	40.23	49.18
150	29.58	39.50	33.51
151	31.90	41.05	28.65
152	36.93	33.38	9.63
153	26.37	41.37	56.87
154	28.62	40.33	40.89
155	35.02	37.71	7.68
156	42.36	38.80	8.41
157	32.26	39.96	23.86
158	31.27	44.56	42.52
159	27.83	36.63	31.61
160	28.54	36.54	28.01
161	28.35	40.68	43.51
162	27.55	41.13	49.32
163	28.93	42.84	48.09
164	46.96	47.87	1.93
165	29.46	47.08	59.82
166	29.26	41.90	43.18
167	29.96	40.98	36.77
168	41.88	37.46	10.55
169	37.95	39.83	4.97
170	25.96	41.01	57.95
171	25.27	37.93	50.10
172	38.23	41.42	8.33
173	26.16	47.84	82.88
174	29.44	47.92	62.76
175	28.73	37.88	31.85
176	27.16	35.60	31.05

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
177	23.53	34.17	45.19
178	26.69	43.74	63.89
179	27.85	52.54	88.62
180	27.86	36.95	32.65
181	27.64	45.78	65.65
182	32.44	40.99	26.36
183	27.89	47.00	68.55
184	29.86	53.20	78.13
185	28.09	48.34	72.08
186	30.64	50.25	64.01
187	25.95	34.46	32.80
188	25.39	41.48	63.36
189	26.36	32.94	24.95
190	24.53	46.31	88.75
191	24.97	40.80	63.37
192	24.75	40.86	65.11
193	24.55	39.57	61.21
194	24.52	42.32	72.61
195	25.22	40.89	62.17
196	25.21	46.98	86.37
197	25.14	40.55	61.28
198	25.94	49.70	91.59
199	25.02	55.12	120.32
200	24.88	52.52	111.06
201	25.13	46.38	84.59
202	24.77	58.25	135.12
203	24.68	53.62	117.30
204	25.42	60.25	137.03
205	25.06	56.58	125.75

No	O ₃ (BLH) µg/m ³	O ₃ (ANFIS) µg/m ³	Error-Est %
206	24.90	49.41	98.45
207	28.60	50.36	76.09
208	28.30	54.65	93.12
209	25.99	41.31	58.91
210	25.24	54.00	113.93
211	28.99	55.19	90.41
212	26.59	61.58	131.56
213	26.95	53.94	100.16
214	29.38	42.58	44.92
215	30.57	41.75	36.57
216	28.76	51.65	79.59
			35.13

6. Model 6

No	O ₃ (BLH) µg/m ³	O ₃ (ANFIS) µg/m ³	Error-Est %
1	33.52	37.69	12.43
2	37.82	35.32	6.61
3	26.40	38.85	47.13
4	30.67	32.04	4.47
5	34.28	33.13	3.38
6	40.62	38.60	4.98
7	39.16	41.88	6.96
8	32.04	38.16	19.09
9	31.54	34.43	9.15
10	32.93	33.67	2.25
11	33.20	33.22	0.06
12	22.51	35.64	58.33
13	21.23	27.26	28.42

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
14	22.75	25.67	12.86
15	32.86	26.63	18.97
16	43.58	35.80	17.85
17	44.16	42.12	4.62
18	45.55	44.22	2.92
19	44.43	43.45	2.20
20	50.44	44.38	12.02
21	41.61	47.96	15.26
22	36.99	39.68	7.29
23	38.88	37.97	2.36
24	35.34	38.45	8.78
25	33.93	35.68	5.16
26	29.83	35.01	17.35
27	35.73	30.96	13.35
28	42.26	35.71	15.51
29	38.93	40.81	4.83
30	37.23	39.76	6.81
31	42.76	38.78	9.31
32	39.73	42.07	5.90
33	43.18	39.02	9.64
34	44.05	40.84	7.28
35	43.33	42.10	2.85
36	38.33	41.10	7.23
37	46.35	38.50	16.95
38	42.31	44.00	4.00
39	40.05	40.30	0.61
40	37.47	40.88	9.09
41	42.18	43.13	2.25
42	40.10	42.11	5.00

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
43	42.08	40.04	4.85
44	38.43	40.70	5.88
45	45.65	40.35	11.62
46	32.46	45.08	38.89
47	34.34	31.45	8.40
48	38.24	30.94	19.09
49	32.95	34.15	3.66
50	30.47	30.27	0.67
51	35.07	27.55	21.45
52	41.49	32.07	22.71
53	40.90	38.52	5.83
54	34.24	36.90	7.76
55	42.59	34.62	18.73
56	32.23	39.70	23.19
57	30.51	30.05	1.50
58	41.37	29.07	29.74
59	35.63	37.89	6.35
60	29.96	33.66	12.38
61	35.07	30.60	12.75
62	44.81	35.71	20.30
63	35.60	41.45	16.43
64	34.99	33.15	5.25
65	30.27	33.86	11.84
66	30.31	29.81	1.66
67	31.02	29.95	3.43
68	35.15	30.39	13.55
69	39.66	32.29	18.59
70	33.36	34.96	4.82
71	32.18	31.81	1.15

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
72	34.07	31.34	7.99
73	32.39	32.78	1.22
74	27.04	31.25	15.59
75	28.61	26.28	8.14
76	38.88	30.46	21.65
77	41.77	38.70	7.35
78	39.71	40.97	3.19
79	39.23	39.31	0.21
80	41.34	37.57	9.11
81	41.28	38.28	7.28
82	40.48	38.91	3.89
83	37.82	37.53	0.78
84	37.51	36.66	2.27
85	33.23	36.92	11.11
86	37.02	33.15	10.45
87	36.28	36.19	0.24
88	37.03	33.93	8.39
89	30.82	34.26	11.16
90	31.76	29.80	6.17
91	33.19	30.71	7.47
92	33.10	32.75	1.07
93	34.43	34.17	0.74
94	33.75	33.30	1.34
95	40.69	31.72	22.04
96	32.22	34.90	8.33
97	38.35	30.09	21.54
98	30.57	36.15	18.25
99	32.33	30.33	6.18
100	30.49	33.41	9.57

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
101	36.61	33.49	8.53
102	33.05	36.56	10.63
103	30.94	33.92	9.63
104	32.53	32.54	0.02
105	38.24	33.90	11.35
106	29.55	37.04	25.35
107	28.08	29.05	3.44
108	36.18	29.77	17.71
109	30.93	36.15	16.90
110	38.38	30.02	21.78
111	29.18	34.79	19.25
112	22.32	29.64	32.84
113	17.74	21.00	18.40
114	17.09	16.42	3.88
115	17.36	16.59	4.44
116	21.65	16.74	22.69
117	44.17	20.16	54.35
118	29.42	39.50	34.24
119	48.04	27.90	41.92
120	47.31	42.98	9.16
121	39.58	43.49	9.87
122	41.88	35.94	14.18
123	28.75	35.45	23.28
124	29.49	30.16	2.26
125	28.01	27.53	1.72
126	29.52	23.15	21.58
127	27.57	26.08	5.41
128	26.05	25.54	1.97
129	46.29	26.07	43.68

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
130	26.20	41.70	59.18
131	27.34	25.77	5.77
132	26.48	29.51	11.42
133	28.90	26.08	9.75
134	29.02	30.39	4.72
135	27.61	29.30	6.10
136	27.50	27.23	0.99
137	37.49	28.17	24.86
138	37.85	32.38	14.45
139	29.46	33.92	15.14
140	25.66	28.13	9.59
141	28.00	27.37	2.23
142	30.77	26.52	13.80
143	30.05	30.76	2.34
144	40.52	31.05	23.38
145	34.70	37.46	7.97
146	35.62	34.82	2.24
147	29.04	36.10	24.29
148	29.62	28.94	2.30
149	26.97	28.55	5.88
150	29.58	25.84	12.64
151	31.90	27.88	12.63
152	36.93	27.18	26.40
153	26.37	33.88	28.49
154	28.62	27.76	3.02
155	35.02	29.75	15.03
156	42.36	34.19	19.29
157	32.26	36.77	13.98
158	31.27	30.02	3.99

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
159	27.83	29.13	4.67
160	28.54	28.55	0.01
161	28.35	31.47	11.02
162	27.55	30.11	9.29
163	28.93	30.01	3.72
164	46.96	33.74	28.16
165	29.46	43.88	48.97
166	29.26	29.37	0.37
167	29.96	28.51	4.87
168	41.88	28.34	32.34
169	37.95	37.31	1.67
170	25.96	33.24	28.04
171	25.27	24.51	3.02
172	38.23	24.60	35.67
173	26.16	35.07	34.07
174	29.44	26.90	8.63
175	28.73	27.95	2.73
176	27.16	26.96	0.76
177	23.53	24.86	5.64
178	26.69	23.53	11.83
179	27.85	34.61	24.25
180	27.86	26.59	4.55
181	27.64	29.80	7.83
182	32.44	29.39	9.41
183	27.89	40.27	44.41
184	29.86	28.55	4.41
185	28.09	30.00	6.78
186	30.64	28.22	7.90
187	25.95	28.96	11.60

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
188	25.39	27.84	9.64
189	26.36	25.35	3.82
190	24.53	26.15	6.57
191	24.97	25.98	4.01
192	24.75	25.14	1.61
193	24.55	23.78	3.14
194	24.52	25.15	2.57
195	25.22	26.02	3.17
196	25.21	25.53	1.29
197	25.14	23.65	5.96
198	25.94	27.59	6.34
199	25.02	28.27	13.02
200	24.88	24.79	0.36
201	25.13	25.46	1.33
202	24.77	28.38	14.55
203	24.68	29.16	18.17
204	25.42	27.71	9.01
205	25.06	27.92	11.40
206	24.90	28.34	13.82
207	28.60	28.52	0.28
208	28.30	31.19	10.21
209	25.99	30.01	15.46
210	25.24	28.37	12.38
211	28.99	30.98	6.87
212	26.59	31.45	18.27
213	26.95	29.88	10.87
214	29.38	30.71	4.49
215	30.57	32.11	5.05
216	28.76	31.00	7.78

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
Error Rata-Rata			11.70

7. Model 7

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
1	33.52	37.56	12.06
2	37.82	35.85	5.23
3	26.40	37.70	42.77
4	30.67	30.78	0.38
5	34.28	31.82	7.18
6	40.62	34.14	15.95
7	39.16	39.87	1.81
8	32.04	39.64	23.70
9	31.54	34.58	9.62
10	32.93	35.28	7.13
11	33.20	34.52	3.99
12	22.51	33.80	50.17
13	21.23	24.87	17.16
14	22.75	24.59	8.10
15	32.86	26.00	20.88
16	43.58	33.24	23.74
17	44.16	40.01	9.39
18	45.55	40.30	11.52
19	44.43	42.35	4.69
20	50.44	41.13	18.46
21	41.61	46.02	10.59
22	36.99	39.22	6.03
23	38.88	34.62	10.98
24	35.34	36.64	3.67

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
25	33.93	35.38	4.27
26	29.83	34.88	16.92
27	35.73	31.58	11.60
28	42.26	35.95	14.93
29	38.93	40.38	3.72
30	37.23	38.14	2.46
31	42.76	37.41	12.51
32	39.73	40.29	1.42
33	43.18	38.68	10.41
34	44.05	39.92	9.38
35	43.33	40.66	6.17
36	38.33	40.64	6.02
37	46.35	36.47	21.31
38	42.31	42.88	1.33
39	40.05	39.15	2.24
40	37.47	38.05	1.53
41	42.18	41.35	1.99
42	40.10	39.24	2.16
43	42.08	36.76	12.63
44	38.43	39.60	3.02
45	45.65	37.21	18.50
46	32.46	42.42	30.69
47	34.34	32.34	5.82
48	38.24	34.02	11.04
49	32.95	37.79	14.70
50	30.47	32.48	6.61
51	35.07	29.28	16.49
52	41.49	35.31	14.90
53	40.90	39.19	4.19

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
54	34.24	38.91	13.63
55	42.59	36.43	14.48
56	32.23	41.59	29.06
57	30.51	33.93	11.22
58	41.37	30.16	27.10
59	35.63	38.47	7.98
60	29.96	35.35	18.00
61	35.07	32.30	7.90
62	44.81	35.31	21.20
63	35.60	43.82	23.09
64	34.99	34.75	0.69
65	30.27	35.11	15.97
66	30.31	31.25	3.08
67	31.02	31.32	1.00
68	35.15	32.51	7.52
69	39.66	33.73	14.96
70	33.36	40.06	20.10
71	32.18	34.45	7.04
72	34.07	34.45	1.12
73	32.39	36.74	13.44
74	27.04	32.97	21.93
75	28.61	28.72	0.38
76	38.88	32.96	15.24
77	41.77	39.78	4.75
78	39.71	42.59	7.26
79	39.23	41.76	6.45
80	41.34	40.65	1.66
81	41.28	42.21	2.25
82	40.48	42.76	5.63

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
83	37.82	41.19	8.92
84	37.51	39.52	5.36
85	33.23	38.61	16.19
86	37.02	36.47	1.48
87	36.28	37.58	3.58
88	37.03	37.58	1.47
89	30.82	39.22	27.27
90	31.76	33.57	5.71
91	33.19	33.69	1.51
92	33.10	34.54	4.34
93	34.43	35.20	2.24
94	33.75	34.29	1.59
95	40.69	33.15	18.54
96	32.22	39.52	22.68
97	38.35	32.03	16.50
98	30.57	36.44	19.18
99	32.33	31.53	2.49
100	30.49	34.21	12.21
101	36.61	33.56	8.33
102	33.05	37.34	12.98
103	30.94	36.30	17.32
104	32.53	32.99	1.41
105	38.24	33.73	11.78
106	29.55	36.62	23.92
107	28.08	30.67	9.20
108	36.18	31.37	13.29
109	30.93	38.16	23.37
110	38.38	34.44	10.28
111	29.18	36.31	24.44

No	O ₃ (BLH) µg/m ³	O ₃ (ANFIS) µg/m ³	Error-Est %
112	22.32	28.82	29.15
113	17.74	23.03	29.83
114	17.09	17.01	0.44
115	17.36	18.44	6.21
116	21.65	24.95	15.26
117	44.17	23.13	47.64
118	29.42	40.93	39.11
119	48.04	30.28	36.97
120	47.31	44.36	6.24
121	39.58	42.71	7.92
122	41.88	37.31	10.91
123	28.75	39.97	39.00
124	29.49	31.96	8.39
125	28.01	31.98	14.16
126	29.52	29.71	0.63
127	27.57	30.04	8.96
128	26.05	29.06	11.53
129	46.29	28.42	38.60
130	26.20	44.06	68.19
131	27.34	29.21	6.84
132	26.48	29.86	12.74
133	28.90	28.18	2.49
134	29.02	30.22	4.14
135	27.61	30.23	9.49
136	27.50	28.58	3.94
137	37.49	29.99	19.99
138	37.85	36.31	4.08
139	29.46	35.95	22.01
140	25.66	29.46	14.78

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
141	28.00	32.58	16.37
142	30.77	28.73	6.61
143	30.05	31.78	5.74
144	40.52	31.67	21.84
145	34.70	38.28	10.34
146	35.62	35.52	0.30
147	29.04	35.51	22.26
148	29.62	29.96	1.16
149	26.97	29.51	9.44
150	29.58	28.01	5.32
151	31.90	29.95	6.14
152	36.93	30.85	16.46
153	26.37	34.53	30.95
154	28.62	28.06	1.95
155	35.02	30.89	11.80
156	42.36	34.51	18.53
157	32.26	38.99	20.85
158	31.27	31.99	2.31
159	27.83	31.50	13.19
160	28.54	27.94	2.10
161	28.35	30.08	6.11
162	27.55	29.77	8.07
163	28.93	28.55	1.32
164	46.96	31.84	32.19
165	29.46	45.29	53.75
166	29.26	30.36	3.74
167	29.96	29.77	0.66
168	41.88	29.74	28.99
169	37.95	41.85	10.28

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
170	25.96	37.52	44.53
171	25.27	26.99	6.81
172	38.23	26.80	29.91
173	26.16	37.46	43.20
174	29.44	27.76	5.71
175	28.73	30.02	4.50
176	27.16	28.74	5.78
177	23.53	27.66	17.53
178	26.69	26.03	2.48
179	27.85	34.42	23.56
180	27.86	28.68	2.94
181	27.64	29.72	7.54
182	32.44	29.49	9.09
183	27.89	36.03	29.22
184	29.86	30.71	2.84
185	28.09	32.67	16.29
186	30.64	30.92	0.93
187	25.95	30.92	19.17
188	25.39	30.02	18.23
189	26.36	29.43	11.66
190	24.53	28.24	15.10
191	24.97	27.52	10.20
192	24.75	27.16	9.77
193	24.55	26.59	8.32
194	24.52	26.75	9.12
195	25.22	25.82	2.40
196	25.21	27.26	8.14
197	25.14	25.98	3.33
198	25.94	27.41	5.65

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
199	25.02	27.93	11.63
200	24.88	24.94	0.23
201	25.13	26.86	6.90
202	24.77	27.50	11.00
203	24.68	27.56	11.67
204	25.42	27.23	7.10
205	25.06	27.76	10.75
206	24.90	27.26	9.50
207	28.60	26.48	7.39
208	28.30	31.40	10.97
209	25.99	29.93	15.16
210	25.24	27.60	9.33
211	28.99	28.50	1.66
212	26.59	29.89	12.39
213	26.95	28.29	4.99
214	29.38	28.01	4.67
215	30.57	29.87	2.28
216	28.76	30.84	7.24
Error Rata-Rata			12.28

8. Model 8

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
1	33.52	36.16	7.89
2	37.82	33.76	10.74
3	26.40	38.21	44.72
4	30.67	31.10	1.40
5	34.28	32.03	6.58
6	40.62	36.17	10.97

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
7	39.16	41.02	4.76
8	32.04	39.31	22.68
9	31.54	33.46	6.09
10	32.93	33.01	0.26
11	33.20	33.39	0.57
12	22.51	34.94	55.22
13	21.23	25.79	21.52
14	22.75	24.90	9.48
15	32.86	23.70	27.89
16	43.58	31.86	26.89
17	44.16	39.39	10.81
18	45.55	41.38	9.15
19	44.43	41.93	5.63
20	50.44	38.93	22.82
21	41.61	46.56	11.89
22	36.99	39.02	5.51
23	38.88	36.63	5.79
24	35.34	38.99	10.31
25	33.93	35.63	4.99
26	29.83	35.04	17.45
27	35.73	29.97	16.10
28	42.26	34.76	17.74
29	38.93	39.54	1.56
30	37.23	36.72	1.37
31	42.76	36.99	13.50
32	39.73	40.16	1.10
33	43.18	36.76	14.87
34	44.05	39.92	9.38
35	43.33	41.02	5.33

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
36	38.33	40.12	4.66
37	46.35	34.13	26.37
38	42.31	42.26	0.12
39	40.05	38.94	2.78
40	37.47	35.74	4.63
41	42.18	43.38	2.82
42	40.10	40.17	0.17
43	42.08	36.02	14.40
44	38.43	39.59	3.00
45	45.65	38.40	15.89
46	32.46	43.54	34.13
47	34.34	31.37	8.62
48	38.24	31.41	17.87
49	32.95	33.97	3.10
50	30.47	30.22	0.81
51	35.07	28.11	19.84
52	41.49	31.42	24.27
53	40.90	38.26	6.47
54	34.24	35.91	4.88
55	42.59	32.48	23.76
56	32.23	40.04	24.25
57	30.51	31.42	2.99
58	41.37	30.40	26.52
59	35.63	39.20	10.02
60	29.96	33.01	10.19
61	35.07	27.94	20.33
62	44.81	32.94	26.50
63	35.60	41.82	17.48
64	34.99	32.24	7.85

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
65	30.27	34.13	12.75
66	30.31	28.97	4.42
67	31.02	29.28	5.59
68	35.15	30.32	13.73
69	39.66	32.61	17.77
70	33.36	36.74	10.14
71	32.18	32.40	0.69
72	34.07	31.53	7.45
73	32.39	32.49	0.32
74	27.04	29.61	9.54
75	28.61	24.69	13.70
76	38.88	26.81	31.06
77	41.77	31.08	25.59
78	39.71	32.89	17.16
79	39.23	33.87	13.66
80	41.34	31.61	23.54
81	41.28	36.08	12.60
82	40.48	38.57	4.72
83	37.82	36.36	3.87
84	37.51	34.15	8.96
85	33.23	30.82	7.25
86	37.02	30.36	17.99
87	36.28	32.99	9.07
88	37.03	32.17	13.13
89	30.82	32.96	6.95
90	31.76	28.66	9.75
91	33.19	27.64	16.72
92	33.10	30.75	7.12
93	34.43	28.15	18.24

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
94	33.75	31.18	7.63
95	40.69	30.85	24.18
96	32.22	34.77	7.91
97	38.35	29.28	23.66
98	30.57	34.66	13.37
99	32.33	27.90	13.69
100	30.49	30.33	0.53
101	36.61	31.04	15.22
102	33.05	33.87	2.49
103	30.94	29.92	3.32
104	32.53	24.24	25.48
105	38.24	27.26	28.69
106	29.55	34.91	18.15
107	28.08	24.90	11.34
108	36.18	22.27	38.45
109	30.93	27.25	11.91
110	38.38	26.76	30.28
111	29.18	33.35	14.32
112	22.32	27.79	24.52
113	17.74	18.30	3.14
114	17.09	15.10	11.64
115	17.36	14.91	14.10
116	21.65	14.59	32.59
117	44.17	13.85	68.65
118	29.42	30.84	4.80
119	48.04	23.39	51.32
120	47.31	37.26	21.24
121	39.58	39.89	0.78
122	41.88	31.82	24.02

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
123	28.75	35.91	24.89
124	29.49	31.04	5.27
125	28.01	28.31	1.06
126	29.52	26.85	9.06
127	27.57	24.16	12.38
128	26.05	24.86	4.58
129	46.29	24.32	47.45
130	26.20	40.56	54.82
131	27.34	20.66	24.43
132	26.48	28.63	8.10
133	28.90	26.22	9.27
134	29.02	27.88	3.94
135	27.61	27.82	0.74
136	27.50	27.15	1.27
137	37.49	27.31	27.16
138	37.85	31.52	16.71
139	29.46	35.62	20.89
140	25.66	27.43	6.87
141	28.00	29.21	4.34
142	30.77	27.26	11.40
143	30.05	30.75	2.33
144	40.52	31.25	22.88
145	34.70	37.31	7.54
146	35.62	35.44	0.52
147	29.04	35.28	21.48
148	29.62	29.59	0.09
149	26.97	28.64	6.21
150	29.58	26.89	9.10
151	31.90	29.65	7.08

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
152	36.93	26.71	27.67
153	26.37	33.52	27.10
154	28.62	25.73	10.12
155	35.02	30.22	13.70
156	42.36	33.10	21.86
157	32.26	37.22	15.36
158	31.27	31.88	1.96
159	27.83	30.26	8.73
160	28.54	26.12	8.48
161	28.35	28.38	0.12
162	27.55	28.20	2.35
163	28.93	27.90	3.57
164	46.96	32.78	30.20
165	29.46	46.12	56.58
166	29.26	30.69	4.86
167	29.96	29.13	2.79
168	41.88	27.89	33.40
169	37.95	36.12	4.83
170	25.96	34.76	33.88
171	25.27	24.95	1.29
172	38.23	26.64	30.33
173	26.16	36.49	39.51
174	29.44	27.16	7.76
175	28.73	28.00	2.56
176	27.16	25.23	7.14
177	23.53	25.06	6.51
178	26.69	24.51	8.15
179	27.85	33.21	19.21
180	27.86	28.46	2.17

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
181	27.64	30.52	10.41
182	32.44	30.55	5.82
183	27.89	37.62	34.90
184	29.86	29.50	1.20
185	28.09	31.23	11.17
186	30.64	29.92	2.35
187	25.95	28.20	8.70
188	25.39	28.46	12.07
189	26.36	29.15	10.58
190	24.53	27.91	13.75
191	24.97	27.06	8.33
192	24.75	26.26	6.11
193	24.55	25.75	4.90
194	24.52	26.22	6.95
195	25.22	25.36	0.57
196	25.21	26.13	3.65
197	25.14	25.13	0.05
198	25.94	26.90	3.70
199	25.02	27.51	9.98
200	24.88	25.88	4.01
201	25.13	24.72	1.61
202	24.77	26.87	8.46
203	24.68	27.45	11.23
204	25.42	26.31	3.52
205	25.06	26.89	7.29
206	24.90	26.48	6.36
207	28.60	25.68	10.21
208	28.30	29.67	4.84
209	25.99	27.56	6.02

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
210	25.24	26.45	4.79
211	28.99	28.44	1.88
212	26.59	29.51	10.98
213	26.95	27.39	1.64
214	29.38	25.82	12.14
215	30.57	29.18	4.56
216	28.76	29.28	1.79
Error Rata-Rata			12.77

9. Model 9

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
1	33.52	35.75	6.65
2	37.82	35.08	7.26
3	26.40	38.58	46.10
4	30.67	29.70	3.14
5	34.28	32.32	5.72
6	40.62	35.10	13.59
7	39.16	40.56	3.59
8	32.04	39.26	22.51
9	31.54	33.91	7.51
10	32.93	33.86	2.85
11	33.20	35.03	5.53
12	22.51	35.17	56.22
13	21.23	27.02	27.29
14	22.75	26.05	14.51
15	32.86	26.53	19.28
16	43.58	33.73	22.60
17	44.16	41.53	5.95

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
18	45.55	41.75	8.34
19	44.43	43.11	2.98
20	50.44	42.47	15.79
21	41.61	47.86	15.01
22	36.99	41.42	12.00
23	38.88	37.67	3.13
24	35.34	39.29	11.18
25	33.93	37.16	9.52
26	29.83	36.03	20.79
27	35.73	32.37	9.40
28	42.26	36.40	13.87
29	38.93	40.81	4.82
30	37.23	38.23	2.69
31	42.76	37.01	13.46
32	39.73	40.85	2.83
33	43.18	39.14	9.34
34	44.05	41.79	5.12
35	43.33	42.14	2.75
36	38.33	41.33	7.83
37	46.35	37.79	18.48
38	42.31	43.94	3.86
39	40.05	40.61	1.39
40	37.47	39.17	4.53
41	42.18	41.23	2.26
42	40.10	40.81	1.78
43	42.08	37.88	9.98
44	38.43	40.81	6.18
45	45.65	37.96	16.85
46	32.46	43.80	34.92

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
47	34.34	33.34	2.89
48	38.24	33.58	12.19
49	32.95	37.12	12.67
50	30.47	32.09	5.33
51	35.07	29.25	16.58
52	41.49	34.52	16.79
53	40.90	39.09	4.43
54	34.24	36.27	5.92
55	42.59	35.89	15.74
56	32.23	42.22	31.02
57	30.51	34.62	13.48
58	41.37	32.41	21.67
59	35.63	40.44	13.49
60	29.96	35.80	19.51
61	35.07	31.80	9.32
62	44.81	35.13	21.60
63	35.60	43.40	21.92
64	34.99	35.50	1.46
65	30.27	35.53	17.35
66	30.31	31.67	4.46
67	31.02	31.74	2.34
68	35.15	32.64	7.15
69	39.66	34.83	12.17
70	33.36	39.78	19.24
71	32.18	34.53	7.30
72	34.07	34.04	0.09
73	32.39	35.88	10.78
74	27.04	33.36	23.41
75	28.61	29.14	1.84

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
76	38.88	31.54	18.89
77	41.77	38.85	6.99
78	39.71	41.45	4.40
79	39.23	40.20	2.47
80	41.34	39.53	4.36
81	41.28	41.14	0.35
82	40.48	41.40	2.26
83	37.82	40.23	6.37
84	37.51	38.32	2.17
85	33.23	37.70	13.45
86	37.02	35.04	5.34
87	36.28	37.21	2.56
88	37.03	36.97	0.18
89	30.82	38.13	23.71
90	31.76	32.88	3.53
91	33.19	33.22	0.10
92	33.10	34.29	3.59
93	34.43	34.25	0.51
94	33.75	34.64	2.64
95	40.69	33.98	16.48
96	32.22	39.94	23.98
97	38.35	32.83	14.41
98	30.57	37.45	22.50
99	32.33	31.92	1.28
100	30.49	33.83	10.95
101	36.61	32.70	10.68
102	33.05	37.05	12.10
103	30.94	34.79	12.45
104	32.53	32.39	0.46

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
105	38.24	33.43	12.57
106	29.55	37.18	25.84
107	28.08	31.00	10.40
108	36.18	30.49	15.72
109	30.93	37.27	20.50
110	38.38	33.41	12.95
111	29.18	36.01	23.42
112	22.32	30.20	35.32
113	17.74	18.96	6.86
114	17.09	14.35	16.03
115	17.36	16.30	6.11
116	21.65	22.46	3.76
117	44.17	24.20	45.20
118	29.42	34.64	17.74
119	48.04	24.79	48.41
120	47.31	39.28	16.98
121	39.58	40.10	1.32
122	41.88	32.24	23.02
123	28.75	33.07	15.00
124	29.49	27.89	5.43
125	28.01	27.36	2.33
126	29.52	23.49	20.44
127	27.57	24.79	10.07
128	26.05	24.61	5.55
129	46.29	23.83	48.52
130	26.20	39.10	49.24
131	27.34	23.22	15.08
132	26.48	28.31	6.92
133	28.90	27.14	6.09

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
134	29.02	29.23	0.71
135	27.61	28.79	4.28
136	27.50	27.69	0.70
137	37.49	28.53	23.90
138	37.85	32.01	15.42
139	29.46	35.05	18.98
140	25.66	28.81	12.24
141	28.00	29.47	5.26
142	30.77	27.72	9.90
143	30.05	30.31	0.87
144	40.52	29.85	26.34
145	34.70	36.84	6.16
146	35.62	33.25	6.65
147	29.04	33.80	16.39
148	29.62	28.63	3.34
149	26.97	28.47	5.56
150	29.58	25.90	12.45
151	31.90	28.34	11.17
152	36.93	26.92	27.11
153	26.37	33.54	27.17
154	28.62	26.44	7.62
155	35.02	28.79	17.79
156	42.36	33.17	21.70
157	32.26	36.49	13.10
158	31.27	30.50	2.45
159	27.83	29.59	6.32
160	28.54	26.63	6.72
161	28.35	28.23	0.43
162	27.55	28.13	2.11

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
163	28.93	27.19	6.02
164	46.96	30.14	35.81
165	29.46	44.49	51.05
166	29.26	28.82	1.53
167	29.96	27.60	7.89
168	41.88	27.32	34.77
169	37.95	35.68	5.99
170	25.96	31.75	22.28
171	25.27	22.84	9.63
172	38.23	24.91	34.85
173	26.16	34.30	31.11
174	29.44	24.72	16.05
175	28.73	25.73	10.43
176	27.16	24.82	8.62
177	23.53	23.45	0.35
178	26.69	22.00	17.57
179	27.85	28.11	0.92
180	27.86	24.75	11.16
181	27.64	27.22	1.52
182	32.44	27.88	14.06
183	27.89	31.82	14.10
184	29.86	28.04	6.12
185	28.09	29.64	5.50
186	30.64	27.92	8.87
187	25.95	26.16	0.82
188	25.39	24.01	5.46
189	26.36	23.78	9.78
190	24.53	25.90	5.56
191	24.97	27.23	9.04

No	O ₃ (BLH) μg/m ³	O ₃ (ANFIS) μg/m ³	Error-Est %
192	24.75	26.17	5.76
193	24.55	23.49	4.31
194	24.52	25.52	4.11
195	25.22	25.60	1.53
196	25.21	27.01	7.17
197	25.14	22.63	10.01
198	25.94	27.28	5.16
199	25.02	26.73	6.83
200	24.88	23.56	5.32
201	25.13	19.24	23.43
202	24.77	26.16	5.61
203	24.68	27.28	10.53
204	25.42	26.89	5.77
205	25.06	27.45	9.55
206	24.90	26.88	7.95
207	28.60	26.26	8.17
208	28.30	30.06	6.23
209	25.99	26.66	2.56
210	25.24	25.19	0.19
211	28.99	27.75	4.28
212	26.59	28.90	8.66
213	26.95	27.62	2.50
214	29.38	27.43	6.65
215	30.57	29.64	3.03
216	28.76	27.38	4.80
Error Rata-Rata			11.62